

欧州造船関連技術開発動向2018

2019年3月

一般社団法人 日本中小型造船工業会
一般財団法人 日本船舶技術研究協会

はじめに

世界的な海運市場低迷の影響を受け、造船市場は2016年～2017年の受注量が大幅に減少したが、2018年は前年を上回るペースで受注量が増加し回復の兆しが見えた。しかし、依然として低水準の船価での受注が続いているため、大部分の造船所は手持ち工事量が減少しており、厳しい経営を強いられている。

こうした厳しい市場環境の中、欧州造船業・船用工業は、環境対応型機器の開発やIoTの活用、新たな分野である自律運航船の研究等多角的な分野への投資を継続的に行っている。また、海外での企業買収や合弁会社の設立といった積極的な国際戦略や、高度な技術開発レベルが必要な高付加価値製品への特化といった企業戦略により、国際競争力の維持・向上に凌ぎを削っている。

造船業・船用工業は、欧州産業の中で最も研究開発に力を入れているセクターの一つと言われており、競争力を支えている技術開発の状況を把握することが重要であることから、環境先進国である欧州地域における造船業・船用工業の技術開発動向について調査を実施した。

ジャパン・シップ・センター
船舶部

目次

欧州造船業の技術開発動向

第1章 EU 助成造船共同研究開発プロジェクト	1
1-a AUXNAVALIA PLUS プロジェクト	1
1-b FIBRESHIP	1
1-c HOLISHIP (Holistic Optimisation of Ship Design and Operation for Lifecycle : 船舶設計とオペレーションのライフサイクルを通じた全体論的最適化)	2
1-d IN 4.0 (造船セクターへの「インダストリー4.0」モデルの応用)	3
1-e LeaderSHIP 2030	3
1-f LINCOLN	4
1-g NAVAIS	5
1-h RAMSSES (Realisation and Demonstration of Advanced Material Solutions for Sustainable and Efficient Ships : 持続性があり効率的な船舶のための先進素材ソリューションの実現と実証)	6
1-i SHIPLYS (Ship Lifecycle Software Solutions : 船舶のライフサイクル・ソフトウェアソリューション)	7
第2章 その他の欧州国際造船技術研究開発プロジェクトの動向.....	9
2-a E-LASS (European lightweight applications at sea : 欧州の軽量船舶アプリケーション)	9
2-b FATICE (Fatigue Damage from Dynamic Ice Action : 動的氷塊による疲労ダメージ)	9
2-c INNOVATION LAB パーペンブルクーフローニンゲン 2018-2050	10
2-d オープンシミュレーションプラットフォーム	10
第3章 欧州各国の造船研究開発プロジェクト	12
3-a AnorKomp (不燃性繊維強化複合材部品の開発)	12
3-b BSA (Breakthrough Steels and Applications : 画期的な鋼材とアプリケーション)	12
3-c ESM-50 (氷点下の溶接構造物の疲労)	12
3-d FAUSST (繊維強化ポリマーと鋼材の結合技術の標準化)	13
3-e HALTERKLEBEN (船舶及び構造物の塗装表面へのシステム設置の接着結合工程 の開発)	13
3-f イノベーションチャレンジ.....	14
3-g KLEBSCHICHTINSPEKTION (造船の高弾性厚膜接着による構造的接合の 定型的試験の検査方法)	14
3-h MAROFF プログラム (ノルウェー)	14
3-i SUPER (船舶のワンオフ建造向け拡張現実感)	15
3-j SUSPRO (Sustainable Ship Production : 持続性のある船舶建造)	16
3-k SUSTIS (Sustainability and Transparency in Shipbuilding Networks : 造船ネットワークの持続性と透明性)	17

第4章 欧州各国の造船業及び造船技術の動向	19
4-a 概況.....	19
4-b フィンランド	23
4-c フランス.....	25
4-d ドイツ.....	28
4-e イタリア.....	33
4-f オランダ.....	38
4-g ノルウェー.....	41
4-h ポーランド.....	43
4-i スペイン.....	44
4-j トルコ.....	46

欧州船用工業の技術開発動向

第5章 推進システム、船用機器、船用関連技術における 欧州共同研究開発プロジェクト	48
5-1 EU フレームワーク・プログラム内の研究開発プロジェクトの動向	48
5-1-a. FALCON (Fuel and chemicals from lignin through enzymatic and chemical conversion : 酵素と化学変換によるリグニンからの燃料と化学物質)	48
5-1-b. HERCULES-2 エンジン技術開発プロジェクト	49
5-1-c. HySeas III.....	51
5-1-d. PROMINENT 内陸水路運輸	52
5-1-e. TrAM (Transport: Advanced and Modular : 先進的なモジュラー型の交通)	52
5-2. その他の欧州国際技術開発プロジェクトの動向	53
5-2-a. ACCEL バージ (Accelerated Electrification of Inland Waterways : 内陸水路の電化促進)	53
5-2-b. 先進船用製造技術.....	53
5-2-c. CO ₂ チャレンジ.....	53
5-2-d. 環境適応型潤滑油 (EAL) の研究 (ABS)	54
5-2-e. 環境適応型潤滑油 (EAL) の研究 (DNV GL)	54
5-2-f. FASTRIG 風力支援推進	55
5-2-g. 燃料電池ベースの船用システム	55
5-2-h. 「グリーン」な推進システム.....	55
5-2-i. 液状有機水素キャリア (LOHC) 技術	55
5-2-j. 船用リチウムイオン電池.....	56
5-2-k. 小型タンカーの補助電力向けリチウムイオン電池	56
5-2-l. PROJECT FORWARD.....	57
5-2-m. ProNoVi (Analysis methods and design measures for the reduction of noise and vibration induced by marine propellers : 船用プロペラからの騒音と振動を軽減する解析と設計手法)	58
5-2-n. ROBOAT プロジェクト	58
5-2-o. 「スマート」コンテナ船.....	59
5-2-p. SUMMETH (Sustainable Marine Methanol : 持続性のある船用メタノール)	59
5-2-q. WAGENINGEN F シリーズ・プロペラ共同産業プロジェクト	60
5-2-r. WAGENINGEN TT (トンネルスラスタ) 共同産業プロジェクト	60
5-2-s. WIND HYBRID COASTER (風力ハイブリッド沿岸船)	61

5-3. 欧州各国の技術開発と共同研究開発プロジェクトの動向	62
5-3-a. AGILE 動力管理システム	62
5-3-b. 空気層ドラッグ低減システム (ALDS)	62
5-3-c. ノルウェーの自律航行船プロジェクト (Yara Birkeland)	62
5-3-d. 「eConowind」帆支援推進システム	63
5-3-e. ELECTROMOBILITY for SHIPPING (海運へのエレクトロモビリティ)	63
5-3-f. ELECTRO TURBO COMPOUNDING (ETC) : 電子ターボ複合技術.....	63
5-3-g. FellowSHIP プロジェクト.....	64
5-3-h. GREENPROP プロジェクト	65
5-3-i. HyDIME (Hydrogen and Diesel Injection in a Marine Environment : 海洋環境における水素及びディーゼル噴射)	65
5-3-j. INTENS (Integrated Energy Solutions to Smart and Green Shipping : スマートでグリーンな海運への統合エネルギーソリューション)	66
5-3-k. MAXCMAS (Machine Executable Collision regulations for Marine Autonomous Systems : 船用自律システムのための機械が実行可能な衝突規制)	66
5-3-l. MethaShip プロジェクト	66
5-3-m. MethQuest プロジェクト	67
5-3-n. ノルウェーNOx 基金の補助金	67
5-3-o. ONE SEA : 自律性のある海洋エコシステム	68
5-3-p. STENA LINE のバッテリー利用.....	68
5-3-q. ノルウェー・カタパルトセンター.....	69
5-3-r. 船舶技術評価システム	69
5-3-s. WAAM フック (3D プリンティング)	70
5-3-t. 洋上風力発電向け自律航行船プロジェクト (WASP)	70

第 6 章 欧州主要船用関連企業の製品開発動向

6-a. デンマーク	72
6-a-1. ADNOX : 新 SCR システム	72
6-a-2. BUKH : スウェーデン VGT のエンジン部門買収	72
6-a-3. MAERSK FLUID TECHNOLOGY : 船内ブレンド (BOB) 技術	72
6-a-4. MAN ENERGY SOLUTIONS : ME-LGIP 二元燃料エンジン	73
6-a-5. MAN ENERGY SOLUTIONS : コペンハーゲン試験エンジンの 2 号機.....	73
6-a-6. MAN ENERGY SOLUTIONS : シリンダーバイパス	74
6-a-7. MAN ENERGY SOLUTIONS : 電動ターボプロア	74
6-a-8. MAN ENERGY SOLUTIONS : 部分負荷の最適化.....	74
6-a-9. A.P.Moller-Maersk : カーボンニュートラル戦略	76
6-b. フィンランド	76
6-b-1. NORSEPOWER : フェリーへのローターセイル搭載	76
6-b-2. WÄRTSILÄ : グループ組織変更	76
6-b-3. WÄRTSILÄ : スマートテクノロジーハブ	76
6-b-4. WÄRTSILÄ : 3D プリンティング	77
6-b-5. WÄRTSILÄ : ハイブリッドセンター	77
6-b-6. WÄRTSILÄ : 新高速エンジン	77
6-b-7. WÄRTSILÄ : 34DF 二元燃料エンジン	78
6-b-8. WÄRTSILÄ : VER (Voyage Emissions Reduction : 航海中の排出削減) システム	78
6-b-9. YASKAWA Environmental Energy/The SWITCH : 研究開発投資	78

6-c. ドイツ	80
6-c-1. ALLWEILER : 小型遠心ポンプ	80
6-c-2. CATERPILLAR MARINE SYSTEMS : SCR 技術	80
6-c-3. FuelSave : 「FS MARINE+」 付加的ソリューション	80
6-c-4. H2-INDUSTRIES : 船用水素動力	81
6-c-5. MAN ENERGY SOLUTIONS : 旧 MAN DIESEL & TURBO	81
6-c-6. NORIS : 部品データ記録装置	82
6-c-7. REINTJES : Down Angle ギアボックスの改良	82
6-c-8. ROLLS-ROYCE POWER SYSTEMS : ビジネス戦略	83
6-c-9. ROLLS-ROYCE POWER SYSTEMS : エンジン/ターボの開発	84
6-c-10. ROLLS-ROYCE POWER SYSTEMS : ハイブリッド推進システム	84
6-c-11. SKF MARINE : ダイナミック・スタビライザーカバー	85
6-d. オランダ	86
6-d-1. ALFA LAVAL : PureNOx の新機種	86
6-d-2. ALFA LAVAL : PureSOx の進化	86
6-d-3. DNV GL : LNG 試験センター	87
6-d-5. QuantiServ : ピストンのリコンディショニング	87
6-d-4. ROYAL ROOS : 3D プリンティング	88
6-d-6. VETH Propulsion : 米国企業による買収	88
6-e. ノルウェー	89
6-e-1. ABB Marine : 新 DP システム	89
6-e-2. CORVUS ENERGY : 船用バッテリー工場	89
6-e-3. HYON 燃料電池技術	89
6-e-4. NORWEGIAN ELECTRIC SYSTEMS : 最大のバッテリー設置	89
6-e-5. ROLLS-ROYCE Marine : 船用機器の健全性管理システム	90
6-e-6. ROLLS-ROYCE Marine : 新エネルギー貯蔵システム	90
6-e-7. ROLLS-ROYCE POWER SYSTEMS : Bergen B36:45 型ガスエンジン	91
6-e-8. WÄRTSILÄ : 排ガス浄化試験施設	92
6-f. スウェーデン	93
6-f-1. DELLNER BRAKES : エンジンブレーキ	93
6-f-2. MAN Cryo : 水素燃料システム	93
6-f-3. MJP : 新型 X シリーズ・ウォータージェット	93
6-f-4. ROLLS-ROYCE MARINE : 「ELegance」ポッド型推進システム	94
6-f-5. ROLLS-ROYCE MARINE : A5 シリーズ・ウォータージェット	94
6-f-6. VOLVO PENTA : 電化技術	94
6-f-7. VOLVO PENTA : NOx 3 次規制基準対応型推進パッケージ	95
6-g. 英国	96
6-g-1. CJR PROPULSION : 工場設備投資	96
6-g-2. COX POWERTRAIN : ディーゼル船外機	96
6-g-3. CUMMINS MARINE : NOx 3 次規制基準対応型 QSK60 エンジン	96
6-g-4. DATUM ELECTRONICS : 軸出力メーター	96
6-g-5. QINETIQ : Haslar 試験水槽のアップデート	97
6-g-6. RIVERTRACE Engineering : 洗浄水モニター	97
6-g-7. RIVERTRACE Engineering : 油中水分検出センサー	97
6-g-8. ROLLS-ROYCE MARINE : SAR スタビライザーシステム	97

6-h. スイス.....	99
6-h-1. ABB : 燃料電池ベンチャー	99
6-h-2. Winterthur Gas & Diesel (WinGD) : 2 ストロークエンジンのアップグレード.....	99
6-h-3. Winterthur Gas & Diesel (WinGD) : 二元燃料試験エンジン.....	99
6-h-4. Winterthur Gas & Diesel (WinGD) : エンジニアリングセンター.....	100
欧州のグリーン SHIPPING・ギャランティー (GSG) プログラム	101

欧州造船業の技術開発動向

第 1 章 EU 助成共同研究開発プロジェクト

1-a AUXNAVALIA PLUS プロジェクト

AUXNAVALIA PLUS プロジェクトは、欧州の大西洋沿岸地域の造船業のイノベーション促進とクオリティの向上を目的とした欧州連合（EU）の助成プロジェクトである。また、知識ベースの強化とスキルの保持により、欧州大西洋地域の造船業の長期的発展を目指す。

その主目的の一つは、国境を越えた地域間の協力促進と新たな研究開発・イノベーションプロジェクトの提案である。イノベーションは、研究機関と中小企業の技術協力の促進により実現する。

また、AUXNAVALIA PLUS プロジェクトでは、造船不況による造船業及び関連産業における人員削減及び従業員の高齢化が引き起こすノウハウの損失への対策を検討する。蓄積された知識とスキルは次世代に引き継がれる必要がある。プロジェクトでは、企業の知識とノウハウの管理とその手順を確立することも目的としている。

欧州地域開発基金からの補助を受けた同プロジェクトには、スペイン、フランス、アイルランド、ポルトガル、英国からの 6 企業・組織が参加している。プロジェクトは、スペインのガリシア産業品質技術開発促進財団が主導し、ガリシア地方海事クラスター（ACLUNAGA）、フランス・ロワール地方海事クラスター（NEOPLIA）、ポルトガル造船工業会（AIN）、英国造船・修繕工業会（SSA）が協力を行っている。

1-b FIBRESHIP.

FIBRESHIP プロジェクトは、造船業のイノベーション促進を目的とした最も野心的な EU 助成プロジェクトの一つである。プロジェクトの主目的は、全長 50m 以上の商船の建造に使用する革新的な繊維強化ポリマー（FRP）の開発、評価、検査を行うことである。

プロジェクトは、2017 年 6 月 19 日に開始され、実施期間は 3 年間である。主な作業は、設計及び製造工程の新ガイドラインの開発、効率的な製造及び検査方法の開発、経験的に検証された最新のソフトウェア分析ツールの採用である。

FIBRESHIP プロジェクトは、①軽量商船（コンテナ船等）、②旅客輸送、レジャー船（RORO 旅客フェリー等）、③特殊目的船（漁業調査船等）の 3 船種を研究対象とし、各船種独自のガイドラインを開発する。

プロジェクトで開発された設計・製造に関するガイドラインは、今後制定される基準・規則の基礎となる。プロジェクトでは、24 か月以内、すなわち 2019 年 6 月までに実物大のプロトタイプを建造することを目的の一つとしている。

EU は、プロジェクト総額 1,100 万ユーロ（1,250 万ドル）のうち、900 万ユーロ（1,020 万ドル）を「Horizon 2020」プログラムから拠出する。プロジェクトには、EU 11 か国から造船企業、造船ソフトウェア企業、船級協会、船社、研究所等 18 企業・組織が参加している。

プロジェクトでは、英国 Welding Institute 等の造船システム・アーキテクチャー及び CAE（computer-aided engineering）ソフトウェアを専門とする 4 組織が協働している。これに加

え、4つの研究機関、コンテナ船社 Danaos 及びフェリー船社 Anek Lines を含むスペイン及びギリシャの船社4社、欧州の中規模造船所2社（ルーマニア Novrom 造船所、フランスの複合材ボート建造所 iXblue）、及びデンマークの複合材造船所 Tuco Marine が参加している。船級協会からは、Bureau Veritas、Lloyd's Register、Registro Italiano Navale の3社が参加している。

プロジェクトの4つの研究分野は以下のとおりである。

- 素材、部品、モデリング
- 設計、エンジニアリング
- 製造、ライフサイクル管理
- 造船市場及びビジネス分析

1-c HOLISHIP (Holistic Optimisation of Ship Design and Operation for Lifecycle : 船舶設計とオペレーションのライフサイクルを通じた全体論的最適化)

大規模プロジェクトである HOLISHIP プロジェクトは、欧州で建造される船舶の構造の複雑化と海運を取り巻く規則と規制の増加への対応を目指している。その焦点は、船舶設計とオペレーションに関し、船舶の生涯を通じた統合された「全体論的」なアプローチを採用した次世代船の開発である。

EU は、1,140 万ユーロ (1,300 万ドル) を「Horizon 2020」プログラムから拠出する。プロジェクトは、ハンブルク実験水槽 (HSVA) が主導し、西欧から企業、研究所、大学等 40 企業・組織が参加している。参加企業・組織には、造船所、船社、船級協会、船舶設計企業、専門技術企業を含む。プロジェクトは、2016 年 9 月末に開始され、2020 年 9 月 30 日までに完了の予定である。

HOLISHIP プロジェクトは、先進パラメトリック・モデリングツールと統合ソフトウェアプラットフォームを基礎とし、造船工学の主要技術の全てを網羅する。これにより、船舶及び全てのオペレーションシステムのパラメトリックな多目的最適化が可能となる。

HOLISHIP プロジェクトが採用する統合モデルは、最新の CAE 技術を用い、技術経済データベース、計算及び最適化モジュール、バーチャル船舶フレームワーク (Virtual Vessel Framework) 内のソフトウェアツールを統合する。これにより、実際の建造を開始する前に、全ての船内システム及び部品を含めた船舶のバーチャル試験が可能となる。ライフサイクルパフォーマンスの評価は、最適な艤装の詳細に関する知識を増加させる。この点は、特に、新造船の艤装が重要度を高めている欧州造船所に役立つ知識となる。

HOLISHIP プロジェクトでは、ソフトウェアツールの統合、ワークフローの処理、デジタルモックアップとデモンストレーターの開発に関し、実績のある 2 種類の設計ソフトウェアプラットフォームを利用する。多様な船種をカバーする合計 9 隻の実証船の開発が予定されている。最初の実証船は ROPAX フェリーである。同船では、開発関連コストと効率的で頑強な船舶設計の分析方法として、「サービスとしてのソフトウェア」(Software as a Service : SaaS) と呼ばれるビジネスモデルの可能性を検証する。

プロジェクトは、以下の 3 つの作業クラスターから構成される。

- ① ツールの開発：設計段階毎の手法とソフトウェアツールを開発し、HOLISHIP 統合設計プラットフォームの自動化機能に適用する。
- ② ソフトウェアの統合：上記クラスター①で開発されたソフトウェアツールを HOLISHIP 設計プラットフォームとバーチャル船舶フレームワークに統合する。

- ③ アプリケーション、実証船：統合ソフトウェアプラットフォームを実証船の設計とオペレーションに適用する。

実施期間 4 年間の HOLISHIP プロジェクトの目標は以下のとおりである。

- 改善された統合設計ツールの利用による設計コストと所要時間を 15%以上削減。
- 設計と手順を改善し、リードタイムを短縮し、建造と組立てを容易にすることによる製造コストの削減。
- 生涯的アプローチによるライフサイクルコストの 20%削減とオペレーションのパフォーマンス改善。
- 複雑な機械モデリングとシミュレーションの革新的統合ソリューションである、HOLISHIP プラットフォームの採用による複雑なシステムの評価と統合に要する時間の短縮。
- ツールとプラットフォームを利用し、船体、推進機器、機械装置ソリューションの統合システムの可能性を最大化することにより、設計の初期段階においてエネルギー効率を改善。
- 「多目的最適化」による船舶の安全性向上。

1-d IN 4.0（造船セクターへの「インダストリー4.0」モデルの応用）

欧州大西洋沿岸の海事産業組織は、「インダストリー4.0」の概念とシステムの地域造船セクターへの応用を目指したプロジェクトを行っている。

インダストリー4.0（「IN 4.0」）は、産業による国際競争力向上と成長を実現する新技術手法の採用を支援するリサーチイニシアティブである。同プロジェクトのコストの 70%以上は、EU が欧州地域開発基金を通じて負担する。

2017 年 9 月 1 日に開始された「IN 4.0」プロジェクトは、2020 年 8 月 30 日までに完了の予定である。プロジェクトの総予算 260 万ユーロ（300 万ドル）のうち 190 万ユーロ（220 万ドル）を EU が拠出する。欧州大西洋沿岸のフランス、スペイン、ポルトガル、英国、アイルランドから 10 企業・組織が参加し、プロジェクトコーディネーターはスペイン北西部ガリシア地方の Diputacion Provincial de Pontevedra（DEPO）が務める。

造船業と関連産業は、これらの地域の経済と雇用において重要な役割を果たしている。同産業の将来的発展には、イノベーション、研究開発、新技術の採用が不可欠である。地域と住民の長期的利益となる産業への公的機関による公的資金の利用促進が必要となっている。

IN 4.0 プロジェクトの目的は、造船業のインダストリー4.0 モデル採用への障害の特定、新たなソリューションの提案、製造工程、組織、システムの改善、既存技術の将来的効率、インダストリー4.0 への移行に対応する造船労働者の訓練等である。

1-e LeaderSHIP 2030

2018 年 4 月、欧州経済社会委員会（European Economic and Social Committee : EESC）*は欧州委員会に対し、現行の「LeaderSHIP 2020」戦略の見直しと強化、及び 2030 年までの 10 年間の延長を勧告した。新戦略は「LeaderSHIP 2030」となる。

EESC は、次のように述べている。「海事産業は欧州の社会と経済の発展に不可欠であり、

欧州は気候変動、省エネルギー、船舶の高度化等の研究開発分野における先駆者となるべきである。また、海事産業のクラスター化は、産業を強化し競争力を向上させる。教育システムを合理化し、職業の流動性を高めることにより、海事産業を若者に魅力のある職業にする。欧州は、不平等な競争に関し、国際市場において WTO、OECD、FTA に対して強い立場を持つべきである。」

2018年にブリュッセルで開催された EESC 会議において、産業改革諮問委員会 (European Consultative Committee on Industrial Change : CCMI) 代表である Patrizio Pesci は、「欧州は、造船・船用工業に関する明確な戦略を持つ必要がある。中国、米国、日本、韓国と同様に、欧州は、同産業を戦略的経済セクターとして認識すべきである。」と述べている。

現行の「LeaderSHIP 2020」プログラムは、造船業への経済危機の影響に対処するために 2013年に採択された。同プログラムは、以下の分野に関する戦略的ビジョンをカバーしている。

- イノベーション
- 環境性
- 先進技術市場への特化
- エネルギー効率
- 新市場への参入

「LeaderSHIP 2020」は、これらの目標の実現に向け、海事産業の持続的発展と海事技術及び製造に関する付加価値の高い職種を生み出すための短中期的戦略を打ち出している。

研究開発及びイノベーション (RDI) は、「Horizon 2020」プログラムの 4つの優先分野の一つで、官民共同研究開発プロジェクトは EU 助成金給付の対象となっている。研究開発の優先課題は、ゼロ排出及びエネルギー効率の高い船舶、及びエマージング市場への進出である。また、EU 諸国及び沿岸地域に対し、海事産業の多様化と新市場への進出に関する資金の拠出を促している。

「LeaderSHIP 2020」プログラムは、2003年に開始された「LeaderSHIP 2015」プログラムに続く戦略である。「LeaderSHIP 2015」の目的は、EU の造船業が直面する課題解決への協力であった。

*欧州経済社会委員会 (EESC) は、EU の諮問機関として、被雇用者と労働組合その他の利益団体を代表している。主に欧州理事会、欧州委員会、欧州議会からの委託による年間 160~190 件の意見及び諮問レポートを発行している。

1-f LINCOLN

LINCOLN プロジェクトは、動的シミュレーションモデルを用いた新船舶概念開発に革新的設計手法とツールを応用することを目的としている。研究対象は小型特殊船である。

LINCOLN プロジェクトは、小規模造船所及びボート建造所、船舶設計企業、ソフトウェア企業、標準化組織、オフショアサービス企業、海事規制当局等への利益となることを目指している。2016年10月1日に開始された同プロジェクトには、16企業・組織が参加しており、実施期間 36 か月を経て 2019年9月30日に完了予定である。プロジェクト予算総額 780 万ユーロ (890 万ドル) のうち 634 万ユーロ (730 万ドル) を、EU が「Horizon 2020」プログラムから拠出している。

プロジェクトの主目的は、新たな造船技術、IoT 技術、設計手法、市場要求を統合し、新たな船舶概念と革新的設計概念の実現に結び付けることである。

LINCOLN プロジェクトの主な結果及び成果としては、以下が期待されている。

1. 3 船種の革新的船舶概念の開発
 - ①マルチプラットフォーム・カタマラン（洋上風力発電支援船、オフショアクルー輸送船、沿岸調査船等）
 - ②モジュール概念をベースとした高速巡視船
 - ③緊急レスポンス・リカバリー船
2. 船舶設計へのリーン・プロダクト開発（Lean Product Development）手法の応用（クオリティ向上、コスト削減、市場化促進、サービスとデータを活用したモジュラー設計）
3. 商船市場向けの IoT ベースのソリューション開発（IoT i-Captain システムの改良バージョンの開発支援）

上記の 3 船種のフィージビリティは、CFD 技術と構造シミュレーションを用いて検証される。

LINCOLN プロジェクトは、ミラノ技術学校（Politecnico di Milano）が主導し、イタリア、スペイン、ギリシャ、キプロス、ドイツ、ノルウェーから、大学、研究所、ソフトウェア企業、海事技術コンサルタント、小型船造船所等 16 企業・組織が参加している。

LINCOLN プロジェクトは、他の研究開発プロジェクト（HOLISHIP、SHIPLYS 等）と協力し、欧州の海事研究開発と科学組織との連携を強化することを目的の一つとしている。

1-g NAVAIS

2018 年には、欧州委員会が助成する新造船研究開発プロジェクト「NAVAIS」が開始された。同プロジェクトは、2018 年 6 月 1 日に欧州委員会のイノベーション&ネットワーク執行機関 INEA との補助金契約に調印し、正式に発足した。

NAVAIS プロジェクトは、船舶設計及び製造ネットワークの効率と柔軟性の向上を目的としている。プロジェクト実施期間は 4 年間で、「Horizon 2020」プログラムを通じて EU が 650 万ユーロ（760 万ドル）を拠出している。

プロジェクトでは、プラットフォームベースのモジュラー製品開発戦略により造船の効率化と柔軟性を実現する。フランス Dassault Systemes が開発した統合ビジネスプラットフォーム「3DEXPERIENCE」*を採用し、ローカル旅客車両フェリーや多目的作業船等の小型船を研究対象とする。

NAVAIS プロジェクトの成果としては、リードタイムの短縮、クオリティの均一化、設計製造コストの削減、サプライチェーンの統合改善等が期待されている。

プロジェクトには 16 企業・組織が参加し、コーディネーターは、オランダのホルクムに本社を置く造船グループ Damen Shipyards とオランダ海事技術研究所 Netherlands Maritime Technology (NMT) が担当する。他の 14 参加企業・組織のうち 4 社は Damen Group の子会社である（Marine Design Engineering Mykolayiv（ウクライナ）、Damen Galati Shipyard（ルーマニア）、Marine Engineering Galati（ルーマニア）、Damen Schelde Naval Shipbuilding（オランダ））。

他の 10 企業・組織は、Bureau Veritas Marine & Offshore（フランス）、MARIN（オランダ海事研究所）、Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek（ベルギー）、デルフト工

科大学（オランダ）、Dassault Systemes（フランス）、Eekels Technology（オランダ）、Heliox（オランダ）、Schunk Bahn- und Industrietechnik（ドイツ）、Center of Maritime Technologies（ドイツ）、SEA Europe（ベルギー）である。

Damen Group は、次のように述べている。「NAVAIS プロジェクトの作業は、Damen の造船哲学に沿ったものである。Damen は長年に亘り、標準化された造船プログラムに従って船舶の設計と建造を行い、最短時間で競争力のある価格の船舶を顧客に提供してきた実績がある。Damen は、この経験を NAVAIS プロジェクトのコーディネーターとして活かし、欧州造船産業の支援と海運の持続性向上に貢献することを願っている。」

* Dassault Systemes は、2017 年に Damen に「3DEXPERIENCE」ポートフォリオを供給した。同システムは、要求、規則、プロジェクトプランニングをコネクする完全なトレーサビリティを持つデジタルプラットフォームである。データは全ビジネスユニットから収集され、再利用が可能である。これにより、迅速な設計変更が容易となり、設計初期段階において製造計画を決定し、決められたスケジュールとコストにおける引渡しを実現するためのサプライヤーとの連携が容易になる。さらに、同システムはアフターセールスサービスや新製品、新設計の開発を支援する。

「3DEXPERIENCE」システムの採用は、Damen Shipyards のビジネス拡張に対応するものである。同社は、市場要求を満たすために製品（船舶）ポートフォリオを拡大している。世界中のエンジニアリング拠点、造船拠点、サプライヤーと統一した情報や手法を共有し、ポートフォリオを効率的に管理し、顧客のニーズに効率的に対応するために、オペレーションのデジタル化を進めている。

1-h RAMSSES (Realisation and Demonstration of Advanced Material Solutions for Sustainable and Efficient Ships : 持続性があり効率的な船舶のための先進素材ソリューションの実現と実証)

2017 年に開始された EU 助成プロジェクトである RAMSSES プロジェクトは、海洋船、河川船に革新的な新素材を利用することを目的としている。プロジェクトの優先課題の一つは、新素材採用の承認を高速化する手順の開発である。

RAMSSES プロジェクトは、2017 年 6 月 1 日に開始され、実施期間は 4 年である。プロジェクトには、欧州 12 か国から 36 企業・組織が参加している。コーディネーターはイタリアの研究機関 CETENA、技術管理はドイツ Center of Maritime Technologies (CMT) が担当している。プロジェクト予算総額 1,350 万ユーロ (1,580 万ドル) のうち、EU が 1,080 万ユーロ (1,260 万ドル) を「Horizon 2020」プログラムを通じて拠出している。

複合材又は高性能金属素材等の新素材は、船舶と船用機器の軽量化、コスト効率化、環境性向上、安全性向上に寄与する。一方、素材の船用利用に関しては、非常に厳しい使用条件と環境条件を満たす必要がある。また、コスト効率に関しても、多種の素材が使用された船体構造への統合の適正や複雑な造船及び修繕工程に対応する必要がある。

RAMSSES プロジェクトの主な作業は以下のとおりである。

- 13 製品の開発、試験、検証を行う。これらの製品は 2021 年にプロジェクト完了後直ちに市場化される。実証機には、革新的部品とモジュラー型軽量システム、船体及び負荷部分、修繕ソリューションを含む。
- 実証機の技術特性、ライフサイクルコスト、環境性能の総合評価を行い、各ソリューションの承認の基礎とし、また、幅広い知識を蓄積する。

- 情報交換と協力のための「素材イノベーションプラットフォーム」を構築する。これにより、他の産業セクター（自動車、鉄道、航空、素材科学）からの体系的な知識収集と技術移転を可能にする。また、素材イノベーションプラットフォームにより、幅広いメーカーや事業者がプロジェクト成果と蓄積された専門技術を利用することが出来る。その結果として、欧州海事産業による革新的素材の採用が促進される。

RAMSSES プロジェクトで開発された実証機は、実船上又は実船に近い条件で物理的試験を行う。13の実証機は以下のとおりである。

- ①トラスコア構造のパネルシステム：モジュラー型、軽量で耐火性がある。（作業グループはドイツ Baltico が主導）
- ②バイオベースのパネルシステム：可燃性（fire class）の高負荷軽量部品（スウェーデン Podcomp が主導）
- ③3D プリンティング製造のプロペラブレード（フランス Naval Group が主導）
- ④複合材製の軽量ラダーフラップ（ドイツ Becker Marine が主導）
- ⑤造船工程におけるクルーズ船の内壁と上部構造へのモジュラーシステムの統合（ドイツ Meyer Werft が主導）
- ⑥RORO 船向けモジュール型軽量甲板システム（クロアチア Uljanik Group が主導）
- ⑦作業船向け軽量アルミニウム複合素材パネル（エストニア MEC が主導）
- ⑧小型高速船の鋼製デッキ上の小型上部構造モジュール（フランス Naval Group が主導）
- ⑨オフショア船向けカスタムメイドの非金属船体（オランダ Damen Schelde が主導）
- ⑩旅客船向けキャビンシステム：軽量素材を使用した完全艙装のモジュール型キャビン（フランス STX France が主導）
- ⑪クルーズ船向け抗張力低合金鋼の高負荷構造（イタリア Fincantieri が主導）
- ⑫クルーズ船向け抗張力鋼製軽量デッキ（フィンランド Meyer Turku が主導）
- ⑬パッチ補修：金属及び非金属構造の修繕及び改良のための複合材オーバーレイ（スペイン Cardama が主導）

RAMSSES プロジェクトは、軽量素材の舶用利用に関する欧州ネットワークである E-LASS ネットワークと連携する。2013年に発足した E-LASS は、2018年6月時点で317の会員を持つ。RAMSSES プロジェクトと E-LASS は、他の欧州及び各国の関連研究開発プロジェクトとも協力をを行う。また、E-LASS は、プロジェクト完了後も RAMSSES プロジェクトの知識を保持する。

RAMSSES プロジェクトには、海事産業及び研究機関が参加している。参加造船所は、STX France（フランス）、Naval Group（旧 DCNS、フランス）、Fincantieri（イタリア）、Uljanik Group（クロアチア）、Meyer Werft（ドイツ）、Meyer Turku（フィンランド）、Baltic Workboats（エストニア）、Damen Schelde 及び Damen Gorinchem（オランダ）である。

1-i SHIPLYS（Ship Lifecycle Software Solutions：船舶のライフサイクル・ソフトウェアソリューション）

実施期間3年の SHIPLYS プロジェクトの目的は、船舶設計・建造に要する時間とコストを削減することにより、欧州の中小企業の競争力を向上させることである。主目的は、設計の初期段階で使用する現行のソフトウェアと互換性のあるライフサイクルツールと高速バーチャル・プロトタイプツールの開発と統合である。開発された新総合ソフトウェアソリューションは、新造船又はレトロフィット契約の入札時に造船所及び設計企業を支援する。

2016年7月に開始され、2019年9月に完了予定の SHIPLYS プロジェクトは、EU が「Horizon 2020」プログラムから予算の100%を拠出している。プロジェクトには、欧州7か国から2つの造船所、スペイン Astilleros de Santander 及び英国 Ferguson Marine Engineering を含む12企業・組織が参加し、コーディネーターは英国の溶接研究機関 Welding Institute である。

SHIPLYS は、以下の方法により欧州の中小規模の造船所、船社、設計企業を支援し、欧州造船所の競争力を改善することを目的としている。

- 設計と製造に要する時間とコストを削減する能力の改善。
- バーチャル・プロトタイプング（仮想試作）を利用した、より優れた船舶を確実に製造する能力の開発。
- 生涯コスト分析、環境性評価、リスク評価、最終的な処理方法等増加する要求に対応。

要求される機能性を実現するための計算とモデリングは、特に、限られた資金、ソフトウェアツール、専門スタッフしか持たない中小企業や造船所にとって難しく時間を要する作業である。また、異なる設計段階において互換性のないツールとフォーマット間のデータ統合は困難である。さらに、中小企業が利用できる造船用ライフサイクルモデリング技術がないため、SHIPLYS プロジェクトでは以下のような課題に取り組む。

ユーザーの多様なニーズを分析した結果、SHIPLYS プロジェクトは以下の要素を統合することを決定した。

- IST ツール：コンセプトデザインツール（担当：IST）
- RSET：コンパートメントアレンジメント向けツール（担当：BMT）
- CAFÉ：3D デザインツール（担当：BVB）
- LR SEASAFE：復原性計算（担当：LR）
- RulesCalc：スカントリングの決定（担当：LR）
- Topgallant：造船所向け製造シミュレーション・ソフトウェア（担当：AES）
- LCT ツール：ライフサイクル分析（担当：ストラスクライド大学）

初期船舶設計に関する以下3件のシナリオが、SHIPLYS ソフトウェアの機能性試験の基礎となった。

- 短距離フェリーの新型ハイブリッド推進システムの最適化
- リスクベースのライフサイクル評価を活用した船舶設計概念の開発
- ライフサイクルコストとリスク評価を活用したレトロフィットの早期計画とコスト配分の決定支援ソフトウェアの開発

SHIPLYS プロジェクトの総予算614万ユーロ（700万ドル）は、全てEUの「Horizon 2020」プログラムからの助成金で賄われている。この最大限の助成は、中小企業の競争力強化というEU戦略の重要性を反映している。EU域内の造船業は、300以上の造船所と9,000社以上の下請企業を持ち、その多くは中小企業である。

第 2 章 その他の欧州国際造船技術研究開発プロジェクトの動向

2-a E-LASS (European lightweight applications at sea : 欧州の軽量船舶アプリケーション)

2013 年、軽量船に関する情報と知識の交換を促進する組織である「欧州の軽量船舶アプリケーション (E-LASS)」が設立された。

E-LASS ネットワークは、スウェーデンの研究機関 Research Institutes of Sweden (RISE) が出資し、コーディネーターを務め、欧州委員会がオブザーバーとして参加している。RISE は、スウェーデンの 3 研究機関、すなわち Innventia、SP Technical Research Institute、Swedish ICT が合併して誕生した組織である。E-LASS は、既に完了したスウェーデンの LASS プロジェクト及びスウェーデンの軽量海洋構造ネットワークを基礎としている。

2018 年 7 月末現在、E-LASS は、25 か国に 317 の会員を持つ。

E-LASS の目的は、軽量素材と海事セクターの建造物の分野において、他のネットワークやプロジェクトとの協力を進めることである。E-LASS は、海事研究開発プロジェクトである RAMSSES プロジェクト及び FIBRESHIP プロジェクトの情報拡散を担当する予定である。

造船における軽量素材と軽量設計の必要性は、エネルギー効率と環境性という現在の社会経済の二大課題と関連している。軽量化された船舶は、燃料消費量が減少し、環境負荷も軽減する。また、軽量設計による重量配分の最適化は、船舶及び海洋構造の設計パフォーマンスを向上させる。

E-LASS 事務局は、次のように述べている。「多くの造船所では、新軽量設計の採用は、経験と知識の欠如と変化を嫌う保守性によって阻害されている。E-LASS は、軽量設計の開発と促進を支援する活動を行う。」

スウェーデンが主催した LASS 研究開発プロジェクトは 2004～2008 年に実施され、海事産業における複合材技術の進歩に貢献した。LASS プロジェクトの権限は、新軽量複合材及びアルミニウム材を用いた既存船 5 隻及びオフショアプラットフォーム居住区の改造である。LASS プロジェクトは、旧 SP 技術研究所 (現 RISE) の防火技術部門がコーディネーターを務め、スウェーデンのイノベーション基金 VINNOVA が支援を行った。

LASS プロジェクトにおいては、参加したスウェーデン企業 3 社が「コンパクト上部構造概念」という造船向け新軽量素材ソリューションを開発した。この 3 社は、艦艇造船所 Kockums (Saab Group 企業)、複合材専門企業 DIAB、断熱・防火技術専門企業 Thermal Ceramics である。

2-b FATICE (Fatigue Damage from Dynamic Ice Action : 氷塊の動的挙動による疲労損傷)

2018 年 6 月、流氷による海洋建造物や船体への影響の詳細を研究する新研究開発プロジェクト「FATICE」が開始された。その研究結果は、氷塊の影響を受ける建造物のコスト効率と信頼性の高い新設計開発に利用される。また、新たな勧告とガイドラインの開発を支援する。

実施期間 36 か月の FATICE プロジェクトは、ノルウェー科学工科大学 (NTNU) が主導し、ノルウェー、ドイツ、オランダの企業・組織が参加している。プロジェクト資金は、EU、ノルウェー・リサーチカウンスル、ドイツ連邦経済エネルギー省が助成する。

プロジェクト参加組織であるハンブルク実験水槽（HSVA）は、4 フェーズの氷塊モデル実験を実施し、実際の衝突事故により近い氷塊モデルを開発する。新モデルは主に構造物との相互作用の試験に用いられるが、船体の局部的衝突事故のモデル試験にも利用可能である。

プロジェクトの主目的は、氷の影響による固定式海洋構造物の疲労損傷の評価である。疲労はこれらの構造物への大きな問題となっている。現行のガイドラインでは、氷の影響に不明な点が多いため、「オーバーエンジニアリング」により、海洋構造物は重量が非常に大きく高価なものとなる傾向が強い。

不明点の多さは、以下のような理由による。

- 氷海条件の定義が不明確であること
- 氷による負荷と構造物の反応が別々に予測されていること
- 疲労予測時の損傷蓄積状況が不明確であること

プロジェクト参加企業・組織は、負荷サイクルと構造反応の時系列の明確化のために氷が引き起こす振動と疲労を組み合わせた研究を行い、異なる負荷条件による疲労を予測する新手法を開発する。これにより、信頼性とコスト効率がより高い設計が可能となる。

2-c INNOVATION LAB パーペンブルクーフローニンゲン 2018-2050

2018年7月、ドイツ造船所 Meyer Werft とオランダ・フローニンゲン大学は、共同研究開発に関する長期契約を締結した。その目的は、ドイツ北西部とドイツ・オランダ国境地域における科学と経済の相互関係を強化することである。この「Innovation Lab Papenburg-Groningen 2018-2050」イニシアティブでは、参加企業・組織は持続性のある競争力の高いソリューションの開発に焦点を当てる。

最初の3プロジェクトでは、以下のように製造IT、持続性、船舶のエネルギー効率に関する研究を行う。

①製造工程における次世代IT

「スマートインダストリー」、「インダストリー4.0」コンセプトの時代に、ICT (information and communication technology) は製造工程の柔軟性を向上させる。プロジェクトでは、クルーズ船建造のバリューチェーンに活用できるICTアプリケーションを開発する。

②持続性

クルーズ船建造の世界最大手である Meyer Werft は、国際的な持続性基準を遵守している。プロジェクトの目的は、国際的に標準化された報告基準を開発することである。

③クルーズ船のエネルギー効率

エネルギー効率は、クルーズ産業の最重要課題の一つである。プロジェクトでは、革新的燃料、高効率駆動システム、再生可能エネルギー製造等に関する技術的可能性を研究する。

パーペンブルクとフローニンゲンには、「フューチャースペース」と呼ばれるプロジェクト管理施設を建設する。

2-d オープン・シミュレーションプラットフォーム

2017年7月、ノルウェーの4組織は、新船型開発に利用するオープンリソース・デジタルプラットフォームの共同開発に基本合意した。その目的は「デジタルツイン」の構築である。2018年3月に開始された「オープン・シミュレーションプラットフォーム」と題されたこの共同産業プロジェクトには、ノルウェーと韓国からの3組織が追加的に参加している。

プロジェクトの創設メンバーは、Rolls-Royce Marine、ノルウェー科学工科大学 (NTNU)、研究組織 SINTEF Ocean、船級協会 DNV GL である。さらに、ノルウェー Norwegian Maritime Competence Centre におけるプロジェクト発足会議では、ノルウェーのオフショアシミュレーションセンターと Kongsberg Digital、韓国の現代重工業の 3 企業がプロジェクト参加を表明した。

プロジェクトの目標は、モデルとシステムシミュレーションに関する海事産業標準を構築することである。新標準により、企業は、既存船及び次世代船のシミュレーションモデルの再利用とデジタルツインのコスト効率と信頼性の高い開発が可能となる。

デジタルツインとは、利用可能な船舶情報をデジタル化した全船内システムを含む実船のデジタルコピーである。デジタルツインを活用することで、船舶設計、製造、メンテナンス、持続性の全ライフサイクルを通じた最適化が可能となる。

プロジェクト開始後間もなくオープン・シミュレーションプラットフォームのプロトタイプが開発され、シミュレーション船及び DP (自動船位保持) システムの実験が行われた。プロトタイプは、クラウド技術を用い、複数のロケーションのチームが共同でシステム設計及び船舶パフォーマンスの最適化を行うことを可能にする。

Rolls-Royce Marine は、既にこの新ツールを活用するプロジェクトを立ち上げている。同プロジェクトでは、バーチャル試験環境において、船舶の動力及び推進システムモジュールとモジュール統合の評価にデジタルツイン・シミュレーションモデルを利用する。

第3章 欧州各国の造船研究開発プロジェクト

3-a AnorKomp（不燃性繊維強化複合材部品の開発）

ドイツの国家研究開発プロジェクト「AnorKomp」の目的は、造船その他の製造業及び建設業に利用可能な不燃性マトリックス素材の開発と評価である。プロジェクトでは、常温硬化型無機マトリックスシステムをベースとした不燃性繊維強化複合材部品の開発し、製造、素材、部品の特性を評価する。

同マトリックスをベースとした繊維強化複合材は、フリーフォーム、すなわち自由成型で軽量の不燃性複合材部品の製造を初めて可能にする。（現行の有機マトリックスシステムは、可燃性であるため、複合材の造船利用のためには複雑な防火設備が必要となる。）

AnorKomp プロジェクトは、無機複合材の製造、素材特性、可能な構成要素の形状等に関する知識の欠如を補うものである。その成果は、最終報告書とアプリケーションガイドラインとして発表される予定である。

2018年1月1日に開始された AnorKomp プロジェクトは、2019年12月31日までに完了の予定である。プロジェクトはドイツ海事技術センター（CMT）が主導し、IGD Fraunhofer Institute とクラウスタール工科大学が参加している。プロジェクト資金は、ドイツ連邦経済技術省（BMW）が共同産業研究プログラム（Industrielle Gemeinschaftsforschung : IGF）を通じて拠出している。

3-b BSA（Breakthrough Steels and Applications : 画期的な鋼材とアプリケーション）

2014～2018年に実施されたフィンランドの BSA プロジェクトは、造船、オフショア、北極海構造物等の主要分野に利用可能な高度な新鋼材の開発と「インテリジェント」な利用を促進するプログラムであった。プロジェクトは、製鉄のバリューチェーンの全てをカバーし、研究開発とイノベーションに関する汎産業組織である DIMECC (Digital, Internet, Materials and Engineering Co-Creation) が実施した。

BSA プロジェクトは、特定の産業ニーズに基づいて選ばれた分野における新技術の開発に焦点を当てた。例としては、最適な耐食性耐熱性素材ソリューションを新たな工程とアプリケーション向けに開発した。また、変化する設計基準に対応し、選択されたアプリケーション分野への導入を容易にする加工、溶接、疲労、長期的性能における科学的実験ベースを開発した。

3-c ESM-50（氷点下の溶接構造物の疲労）

ドイツの国家プロジェクトである「ESM-50」の提案者は、DNV GL はマイナス 30℃まで、NORSOK はマイナス 14℃までのガイダンスを発表しているが、超低温条件における構造的挙動に関するガイダンスは存在しないことを指摘している。厳しい極寒環境における石油及びガス田開発・生産及び海運活動が増加する中、超低温条件におけるガイダンスの必要性は高まっている。

ESM-50 プロジェクトは、船舶及び海洋構造物の疲労の影響を受けやすいエリアへの高強度鋼の利用を高めることを目的としている。プロジェクトでは、高強度鋼を使用した基材と溶接構造物の張力試験、破損耐性試験、S-N 曲線 (stress cycle curve) 試験を行い、マイナス 50℃までの材質的挙動を分析する。この結果をもとに、最新の疲労評価手法を開発、確認し、

必要な更新を行う。

2016年1月1日に開始された同プロジェクトは、2018年12月31日までに完了する予定である。プロジェクトは、ドイツ海事技術センター（CMT）とハンブルク・ハーブルク工科大学の船舶構造設計分析学科が担当する。プロジェクト資金は、ドイツ連邦経済技術省（BMW）が連合産業研究プログラム（Allianz Industrie Forschung : AIF）を通じて拠出する。

3-d FAUSST（繊維強化ポリマーと鋼材の結合技術の標準化）

2年の実施期間を終え2018年1月31日に完了したドイツの国家研究プロジェクトである「FAUSST」の目的は、鋼材と繊維強化ポリマー（FRP）の標準化した高負荷接合部分の開発であった。その手法は硬化過程（co-curing procedure）に基づき、片面は鋼製部分に溶接され、もう片面はFRPに接合可能である。

同プロジェクトは、造船業へのFRP導入の利点によって促進された。FRPは、船舶の軽量化、又は有効荷重改善に寄与する。また、軽量材の利用は、資源節約、エネルギー効率化、新設計ソリューションの実現に繋がる。

FAUSSTプロジェクトは、造船業におけるFRPと鋼鉄の標準化された接合技術の欠如を解消するために実施された。これまでは製造工程に応じて接着材やボルトによる結合等の方法が個々の事例毎に決定され、使用されていた。この方法には、ケースバイケースの承認が必要となり、時間とコストが掛かっていた。

プロジェクトパートナーは、ドイツ海事技術センター（CMT）と研究所 SLV Mecklenburg-Vorpommern である。プロジェクト資金は、ドイツ連邦経済技術省（BMW）が共同産業研究プログラム（Industrielle Gemeinschaftsforschung : IGF）を通じて拠出している。

3-e HALTERKLEBEN（船舶及び構造物の塗装表面へのシステム設置の接着結合工程の開発）

ドイツのHALTERKLEBENプロジェクトの目的は、造船の工期短縮とコスト削減に繋がる船舶建造に利用可能な接着結合工程の開発である。

現在、システム設置は溶接により行われており、総コストは船体及び他の部分の表面処理に影響される。新工程により、特に造船過程の最終段階で顧客が要求する設計や仕様の変更への対応が容易になる。

同プロジェクトは、既存の防食塗料上への効果的な接着方法の開発を行う。これには、全層の必要最低強度（接着と密着）を検知する非破壊試験方法の開発が必要である。接着剤硬化の加速により、このプロセスには追加的な固定要素を必要とせず、工期の短縮が可能となる。

HALTERKLEBENプロジェクトの研究開発の成果として、塗装上の接着に関する科学的、技術的知識が蓄積された。造船に利用可能なシステム接合のデータシートも準備された。

プロジェクトは、2年間の研究開発を経て2017年12月31日に完了した。プロジェクトは、ドイツ海事技術センター（CMT）の監督の下に、AGP Fraunhofer Institute 及び IFAM Braunschweig Institute が協働した。プロジェクト資金は、ドイツ連邦経済技術省（BMW）が共同産業研究プログラム（Industrielle Gemeinschaftsforschung : IGF）を通じて拠出した。

3-f イノベーションチャレンジ

「オープンイノベーション」政策の一環として、イタリアの国際造船グループ Fincantieri は、研究機関 CETENA と共同で、ジェノバ大学、ナポリ大学、パレルモ大学とともに「イノベーションチャレンジ」を開始した。

このプロジェクトは、大学が枠に囚われないアイデアを提案することを促し、それを Fincantieri が製品化又は新設計に活用することを目的としている。究極的な目標は、製品の軽量化、品質向上、コスト削減、エネルギー効率向上、積載量最大化等の重要分野における競争力の強化である。

3-g KLEBSSCHICHTINSPEKTION（造船の高弾性厚膜接着による構造的接合の定型的試験の検査方法）

ドイツの3機関は、接合部分の定期的非破壊検査（NDT）の検査方法を開発及び検査間隔を決定するための研究プロジェクトを行っている。その目的は、接合部分の安全性を高め、造船に接着技術を導入することである。

IFAM Fraunhofer Institute は高弾性厚膜接着剤に関する研究、IGD Fraunhofer Institute は構造接着剤に関する研究を担当する。最終的には、通常の建造条件下におけるオリジナル部品の試験を行う。この研究により、接着部の耐荷挙動の欠陥の影響に関する新たな知識が得られ、運転中のモニタリングが可能となる。プロジェクト成果を迅速に活用するため、DNV GL はガイドラインの策定を計画している。

プロジェクトの実施期間は2018年2月1日～2020年1月31日で、ドイツ海事技術センター（CMT）の監督の下に、研究所 IFAM Fraunhofer Institute 及び IGD Fraunhofer Institute が協働している。プロジェクト資金は、ドイツ連邦経済技術省（BMWi）が共同産業研究プログラム（Industrielle Gemeinschaftsforschung : IGF）を通じて拠出している。

3-h MAROFF プログラム（ノルウェー）

ノルウェーは、船舶所有、造船、船用製品、技術の分野において国際海事産業で高い評価を受けている。その海事産業は輸出が中心である。ノルウェーの海事産業は、市場環境の変化と市場要求に柔軟に対応し、再編する能力を持っている。そのため、ノルウェーは、コストの高い国でありながら、依然として造船を行っている数少ない国の一つとなっている。

ノルウェーの造船業と関連産業は、地域、地方の経済、雇用、価値創造に非常に重要な役割を持っている。海事産業は、ノルウェーのオフショア石油ガス資源の開発による新たなビジネス機会を活用し、オフショア機器、オフショア支援船、サブシー船の全分野における世界のリーダーとなった。

今後のビジネス機会としては、洋上風力発電、海象条件の厳しい大水深海域における石油ガス開発支援船、オフショア養殖漁業、海底採掘、小型探検クルーズ船、深海漁業向け漁船、調査船、遠隔操作船、自律航行船等の分野を想定している。

ノルウェー・リサーチカウンシルは、次のように述べている。「ノルウェーが海事国家としての高い地位を保持するためには、研究開発イノベーション（RDI）への投資の大幅増加が不可欠である。共同研究、知識移転、技術交換を通じた海事関連イノベーションは、新たな海洋産業やビジネスセクターのポテンシャルを開拓する機会を提供する。これらの産業のシナジー効果をフル活用するには、団結した戦略的努力が必要である。」

ノルウェーは、海事研究への EU 補助金は十分ではないと考えており、ノルウェーの海事研究の重要性を考えると、大規模な国家補助が必要となっている。

MAROFF プログラムは、ノルウェー・リサーチカウンシルの海事産業及び研究パートナーの技術研究及びイノベーションを支援するための主要プログラムである。究極的な目的は、価値創造を促進することである。プログラムの対象となるのは、漁業、オフショア産業を含む特殊船をカバーする船社、造船所、サービス企業、船用機器・システム企業である。

MAROFF プログラムで創造される価値としては、①競争力の向上、②産業再編能力の強化、③研究開発機関と企業の提携と知識交換の促進、が考えられている。

プログラム内の研究開発活動は、以下のようなテーマと科学分野における新たな能力とイノベーションの開発を支援する。

- 漁船、オフショア船、厳しい自然環境に対応する船舶等の特殊船分野におけるビジネス機会の開発
- 自律航行船、遠隔操作船の開発
- 設計、製造から技術、販売、サービスを含む造船の全バリューチェーンにおけるデジタルトランスフォーメーション
- 海事技術とオペレーションの「グリーン化」
- 海上の安全とセキュリティの強化
- 北極海、高緯度海域向けの技術とシステムの開発

イノベーションプロジェクトへの最新の補助金申請は 2018 年半ばに開始され、応募締切りは 2019 年 9 月 12 日である。総額 1 億 5,000 万ノルウェークローネ (NOK、1,830 万ドル) が、2019 年半ばに開始予定のプロジェクトに分配される。プロジェクト実施期間は最大 4 年間である。約 4,000 万 NOK (490 万ドル) は、特殊船の研究プロジェクトに割り当てられている。

MAROFF 内のイノベーションプロジェクトは、通常プロジェクト予算総額の 25~50%に相当する年間 100 万~400 万 NOK (120,000~480,000 ドル) の補助金を支給される。大企業の場合、補助金はプロジェクト総額の 40%を上限とする。

2018 年半ばには、ノルウェー・リサーチカウンシルとシンガポール海事研究所の協力合意による助成プロジェクトへの募集も開始された。承認されたプロジェクトには、総額 1,500 万 NOK (180 万ドル) が支給される。応募締切りは 2018 年 9 月 12 日である。

このプロジェクト補助金の支給対象は、ノルウェーとシンガポールの共同研究グループ (大学、研究機関) である。ノルウェーからの参加組織・企業にはノルウェー・リサーチカウンシルが、シンガポールからの参加組織・企業にはシンガポール海事研究所がそれぞれ補助金を支給する。他の国際的研究機関も参加可能ではあるが、資金は各自で調達しなければならない。

補助金獲得のための優先分野は、海事産業のデジタル化、自律航行船及び関連システム、「グリーン」な海事技術である。

3-i SUPER (船舶のワンオフ建造向け拡張現実感)

ドイツの「SUPER」プロジェクトは、「ワンオフ」船 (単発建造船) 建造時の労働生産性向上のための拡張現実感 (Augmented Reality : AR) ツール開発を目的とした研究開発プロジェクトである。AR 技術は、造船所の建造現場のスタッフと製造プランニング・クオリティ管

理事務所間の情報フローを改善する技術である。

AR 技術の導入により、製図、計画、ガイドライン等に必要な情報収集に要する時間が短縮されると予想されている。さらに、エラーや問題の記録に要する時間も大幅に短縮される。

SUPER プロジェクトの AR 技術ソリューションは、以下の 4 段階で開発される。

- ①情報フローの分析。その結果をもとに、情報提供及び収集に最適な AR 技術とトラッキング技術を選択する。
- ②モジュール概念を用いて、異なるユーザー要求を満たし、統合する。
- ③連続的情報処理媒体のためのデータ処理方法の構築。下請け企業向けの情報統合技術も検討する。
- ④プロジェクトで開発された概念とツールの試験と評価。

プロジェクトの実施期間は 2016 年 12 月 1 日から 2018 年 11 月 30 日で、ドイツ海事技術センター (CMT) が監督する。AGP Fraunhofer Institute とハンブルク・ハーブルク工科大学が研究開発を行う。プロジェクト資金は、ドイツ連邦経済技術省 (BMWFi) が共同産業研究プログラム (Industrielle Gemeinschaftsforschung : IGF) を通じて拠出している。

3-j SUSPRO (Sustainable Ship Production : 持続性のある船舶建造)

造船市場の変動や不確実性を考慮した生涯を通じた船舶の持続性向上を目指すプロジェクト「SUSPRO」には、ノルウェー造船所 2 社を含むノルウェー企業・組織が参加した。4 年間の研究開発を経て 2017 年末に完了した同プロジェクトは、ノルウェー・リサーチカウンシルが MAROFF プログラムを通じて支援を行った。

持続性のある船舶建造のコンセプトは、競争力のある製造工程とオペレーションシステムだけでなく、設計、製造、運転、最終リサイクルを含む製品 (船舶) の生涯を通じた環境負荷の低減を目指している。

モジュール化、「Design for X」(X はメンテナンス等)、リーン生産方式、高度製造技術、統合 ICT システム等の製造管理分野のイノベーションは、単なる環境規制の遵守を超えた持続性向上を支援する。

一方、これらのコンセプトと技術進歩は、特定の目的を持ち、自動装置を使用した予測可能な反復的大量生産向けに開発されたものである。そのため、1 隻ずつ異なる仕様を持つ特殊船、オフショア船、フェリー等の製品を持ち、また、市場要求が毎年大きく変動する造船業への応用は難しい。

造船業には、船舶のライフサイクルを通じて持続性があり、完全な柔軟性のある造船所のオペレーションと製造ネットワークが必要となっている。造船所は、ある船種から別の船種又は設計の製造に切り替える能力と、適正価格で変動の大きい需要に対応する能力が必要である。

SUSPRO プロジェクトでは、知識、手法、ベストプラクティス工程、意思決定支援ツールが以下のような目的のために開発された。

- 市場動向及び傾向とその設計、製造、サプライチェーン、ネットワークへの影響のモニタリングと分析
- 高環境性と経済性を実現する持続性のある次世代船の開発
- 解析ツールとライフサイクルマネジメント手法を導入した持続性のある造船への移行方法とその分析

プロジェクトは、トロンハイムのノルウェー科学工科大学（NTNU）製造・クオリティーエンジニアリング学科が主導し、造船所 Ulstein Verft 及び Fiskerstrand Holding、ノルウェーの Caterpillar 及び MaK エンジンと発電機のサプライヤーである Pon Power が参加している。

3-k SUSTIS（Sustainability and Transparency in Shipbuilding Networks：造船ネットワークの持続性と透明性）

社会の変化、又は今日の社会と若年層の期待と論理の変化が、持続性概念に関するフィンランドの研究開発プロジェクト「SUSTIS」の推進力となっている。同プロジェクトでは、持続性の概念を船舶建造の全工程に適用する。

海運における持続性は、通常、生涯的な環境負荷低減を目指した船舶の設計方法と運転方法に関連している。また、最終的な船舶のリサイクル特性も重要な課題となっている。

フィンランドの造船業は、船舶の建造方法が持続性の条件を満たすことへの社会の要求の更なる増加を予想している。この傾向はクルーズ船セクターにおいて顕著であり、船舶の建造材料や建造方法に関する乗客の関心は高まっている。特に、若年層の持続性への関心は高く、クルーズ旅行時の船社と船舶の決定、また、クルーズ旅行そのものを選ぶか否かの決定に影響している。

このような傾向は、豪華クルーズ船及びフェリーその他の特殊船種の建造に依存しているフィンランドの造船業及び関連産業にとって特に重要である。フィンランドには、これらの船種に特化するサプライヤーと技術のネットワークがあり、船舶建造工程の統合チェーンを構成している。

フィンランドの海事クラスターは、このような船舶建造方法への社会の関心は、新たなチャレンジとなると同時に新たなビジネス機会を生み出すと考えている。「製品」（船舶）を「持続性のある」方法で製造し、持続性のあるシステムを証明するデータその他の情報を開示することにより「透明性」を保つことは、競争力の向上にも繋がる。

海運企業及び造船企業は、新たな思考方法を導入したことを社会に伝える必要がある。このような能力は、船主とフィンランド造船所の強みとなる。

SUSTIS の主要目標は以下のとおりである。

- ①持続性の概念を、船舶の全ライフサイクル、すなわち使用する原材料からシステム統合を含む造船と艀装の全工程に適用する。
- ②原材料や製造工程に関するデータ及び情報を一般公開し、セクターの透明性を高めることにより、新たなビジネス機会を創造する。

SUSTIS は、大学と産業の共同プロジェクトで、フィンランドのイノベーション基金 TEKES が財政支援を行う。3年間の研究開発作業は、2019年2月28日完了の予定である。プロジェクト参加企業・組織は、トゥルク大学、DNV GL、Evac、Lautex、Meriteollisuus、Meyer Turku、NIT Naval Interior Team、Paattimaakarit、Piikkio Works、Sininen Polku、SSAB Europe、VTT Technical Research Centre of Finland である。

SUSTIS プロジェクトの第一段階は、Meyer Turku 造船所が実施中の別のプロジェクトと並行して行われ、持続性関連指標の特定と指標データの転送と利用の研究を行う。第一段階では、クルーズ船を中心とした造船ネットワークにおける持続性のビジネス価値を検証する。第二段階では、持続性関連データの転送方法と活用方法に関するソリューションを開発する。また、

持続性関連性データを公開すること（「透明性」の確保）による新たなビジネス機会を検証する。

SUSTIS プロジェクト管理局は、次のように述べている。「造船所のクルーズ船建造における持続性情報開示への圧力は高まっている。持続性は、欧州造船業がクルーズ船建造におけるリーダーシップを保持するために必要な課題の一つである。」

このような理由により、SUSTIS プロジェクトは、ビジネスに不可欠な持続性分野を特定し、企業がこの情報を競争力維持のために有効活用する方法を開発する。

第4章 欧州各国の造船業及び造船技術の動向

4-a 概況

欧州委員会の委託によりドイツ BALance Technology Consulting が 2017 年に行った調査によると、欧州連合（EU）の造船・船用産業の生産総額は 1,125 億ユーロ（1,288 億ドル）である。この数字には EU28 国を含み、地域としては世界最大の生産額となっている。欧州の非 EU 諸国とトルコを含めた場合には、数字は更に大きくなる。

この数字は、EU 建造船の付加価値の高さを反映している。欧州の造船所は、設計と艤装が複雑で高度技術を持つ特殊船への建造を増加させているからである。

しかしながら、同調査報告書では、欧州の造船国は、国家的造船戦略を持つアジア造船国との競争に太刀打ちするには規模が小さ過ぎると指摘し、今後の国際競争と社会的変化に対応するためには、EU は、明確な目標を持つ統一欧州造船政策を打ち出す必要があると述べている。

さらに、同報告書では、世界の地政学的変化を踏まえ、防衛及びセキュリティ市場における欧州造船・船用セクターの戦略的重要性を認識している。

今後 10 年間の動向により、欧州造船・船用産業の生き残り、成長、衰退、又は失墜が決定される。全体論的な欧州海事政策がなければ、将来的なリスクは大きい。

一方、欧州以外の多くの諸国では、自国の造船・船用産業向けの特別な戦略を持っている。その戦略には、国内調達の要求、保護主義的な造船政策、公的支援及び補助金等を含む。造船産業の高度化と世界的地位の向上を目指した中国政府の政治的な造船政策は、今後、欧州造船所への大きな挑戦になることが予想される。

BALance Technology Consulting による欧州委員会への勧告の要点は以下のとおりである。

- 将来的な第三国との自由貿易協定内に欧州造船・船用産業の利益となる項目を含める。
- 将来的な EU フレームワーク・プログラムその他の地域的支援プログラムを通じた欧州造船・船用産業の研究開発イノベーション活動への支援を強化する。

欧州全体の造船・船用工業会である SEA Europe も、EU28 か国の造船・船用産業の生産総額は 1,125 億ユーロ（1,288 億ドル）と見積もっている。

一方、SEA Europe の他の統計データでは、欧州造船・船用産業の年間売上は約 91 億ユーロ（104 億ドル）としている。その内訳は、船用機器 600 億ユーロ（687 億ドル）、艦艇建造 108 億ユーロ（124 億ドル）、商船建造 95 億ユーロ（109 億ドル）、艦艇保守 42 億ユーロ（48 億ドル）、メガヨット建造 32 億ユーロ（37 億ドル）、商船保守・修繕 32 億ユーロ（37 億ドル）である。

欧州造船・船用産業は、300 の造船所と 22,000 社の下請け企業から成り、その大部分は中小企業である。SEA Europe は、産業全体の直接及び間接雇用者数を約 900,000 人と推定している。

造船技術を含む海事技術は、欧州産業の中で最も研究開発に力を入れているセクターの一つである。SEA Europe は、産業全体の売上の約 9%が、研究開発・イノベーション（RDI）に投資されていると述べている。

欧州の船用メーカーは、グローバル市場において 50%以上のシェアを持つ。世界の造船市場

における欧州各国の国レベルのシェアは小さいが、欧州全体の受注残は世界最大となる。これは、欧州の技術レベルの高さ、造船の複雑さと特殊性、建造船舶のクオリティを反映している。船種としては、クルーズ船、大型フェリー、艦艇、オフショア船、漁船、浚渫船、調査船が含まれる。欧州の新造船の大部分は、1隻のみの設計の「ワンオフ」船である。

2017年12月31日時点のEU及びノルウェーの受注残は493隻、1,120万トン（CGT）、総額640億ドルである。受注残の強さは、クルーズ船受注の大幅増加と「その他の非貨物船」セグメントの好調が要因となっている。

このような状況は多くの造船所の利益に繋がっているが、他の造船所は長引く市場低迷、特に、欧州の重要産業であるオフショア市場の低迷の影響を受けている。さらに、欧州造船所は、伝統的に得意分野であった大型RORO旅客フェリー（ROPAX船）市場のシェアを失いつつある。一方、中国造船所は欧州ROPAXフェリー船社からの新造受注を増加させており、この傾向は2018年も続いている。

クルーズ船建造セクターは、企業統合と新規参入により再編が進んでいる。FincantieriによるSTX France（旧Chantiers de l'Atlantique）の買収は、最終承認段階にある。欧州における大型クルーズ船建造は、Fincantieri Group、STX France、Meyer Groupの3グループに独占されている。その他の欧州中小造船所は、急成長する探検クルーズ船及び超豪華小型クルーズ船市場への参入を開始している。

2017年の欧州の受注残総額は増加し、また、世界の商船受注残におけるシェア（27%）も増加した。

2017年欧州造船所の商船受注残（2017年12月31日現在）

国名	隻数	トン数 1,000 GT	世界シェア%	トン数 1,000 CGT	世界シェア%
イタリア	39	3,166	2.1	3,335	4.0
ドイツ	29	1,945	1.3	1,908	2.3
フランス	14	1,897	1.3	1,734	2.1
フィンランド	11	1,425	1.0	1,299	1.6
スペイン	73	807	0.5	662	0.8
クロアチア	38	645	0.4	524	0.6
ルーマニア	69	489	0.3	648	0.8
ポーランド	64	184	0.1	308	0.4
オランダ	60	146	0.1	250	0.3
その他 EU	51	97		213	
EU28 合計	448	10,801	7.2	10,881	13.1
ロシア	75	679	0.5	643	0.8
トルコ	133	289	0.2	517	0.6
ノルウェー	45	146	0.1	295	0.4

出所: SEA Europe/IHS Fairplay

2017年欧州造船所の新造商船竣工量

国名	隻数	トン数 1,000 GT	世界シェア%	トン数 1,000 CGT	世界シェア%
ルーマニア	33	615	0.9	348	1.0
イタリア	10	469	0.7	518	1.5
ドイツ	11	439	0.7	398	1.2
フランス	11	175	0.3	171	0.5

フィンランド	5	173	0.3	189	0.5
ポーランド	45	137	0.2	237	0.7
クロアチア	8	97	0.1	67	0.2
オランダ	27	49	0.1	88	0.3
スペイン	33	53	0.1	110	0.3
その他 EU	27	18		53	
EU28 合計	210	2,225	3.3	2,179	6.3
トルコ	79	153	0.2	304	0.9
ロシア	17	90	0.1	98	0.3
ノルウェー	16	45	0.1	83	0.2

出所: SEA Europe/IHS Fairplay.

注: 欧州造船所の世界シェアは、積載重量トン数 (DWT) ではなく、総トン数 (GT) に基づいている。これは、積載重量トンが重要ではないクルーズ船や特殊船等の高付加価値船の多さを反映したものである。標準貨物船換算トン数 (CGT) は、トン数と工事量の相互関係を含めた比較指標として優れている。

欧州におけるクルーズ船建造の進歩とイノベーションは、以下の 2 分野で顕著である。

①船舶技術イノベーション

造船所、関連エンジニアリング、機器、技術セクターによる船舶のパフォーマンス、エネルギー効率、コスト効率における継続的な改良

②旅客関連イノベーション

船舶設計者及び海事産業外のデザイナーによる船内設備、船内娯楽、乗客の満足度の向上、トレンドの特定、新コンセプトの開発

欧州の海事産業は、知的財産 (IP) 権が高付加価値市場におけるリーダーシップ維持のための重要な要素であると見做している。しかしながら、造船及び船用技術セクターの性質と規制環境により、欧州企業が通常の IP 保護ツールを用いることは困難である。

このため、SEA Europe は、欧州の海事産業が蓄積した貴重なノウハウを保護し、技術市場におけるリーダーシップを維持するために、欧州アーカイブセンターを設立するよう欧州委員会に呼び掛けている。また、欧州委員会に対し、欧州港湾に寄港する船舶が搭載する模倣品の取り締まりを強化するよう求めている。

デジタル化は、強力で明確な IP 保護政策と規制を要する新たな問題と機会を提供する。特に、船舶設計のモデルとして利用可能な実船のバーチャルシミュレーションである「デジタルツイン」船の開発に関する配慮が必要となる。デジタルツインは、設計者、造船所、船主、船用機器システムメーカー、研究所、大学が共同開発作業を行うことを可能にするオープンソースフォーマットを使用している。

AR (拡張現実感) 技術は、船舶建造工程を改良するために欧州造船所が導入を進めている技術である。AR 技術は、造船所の従業員への支援に加え、設計段階及び設計又は仕様の変更時に、顧客が造船所や設計者とインタラクトできるツールである。

デジタル化に関しては、欧州の先進的造船所は、高度な設計とハイテク船種向けの次世代統合製品設計環境 (integrated product development environment : IPDE) ソリューションの導入を進めている。次世代 IPDE ソリューションは、造船所が全建造工程又はプロジェクトをサプライチェーン及び船舶ライフサイクル管理と緊密に統合することを可能にするソリューションである。これらのソリューションは重要性を増している。

造船 PLM（プロダクト・ライフマネジメント）ソフトウェアシステムのスペシャリストサプライヤーである Siemens は、次のように述べている。「クラウドベースのソリューションは、全サプライチェーンが、チームのバーチャルメンバーとして、必要とするマスターデータファイル内のあらゆる情報とデータに効率的にアクセスすることを可能にする。同様に、サービス・ライフサイクルマネジメントは、造船所により調整、管理される。さらに、故障間隔、システムの信頼性メトリックスと関連データ等のインサービス・ライフサイクルマネジメントは、船級と船舶番号毎に全てのシステムと部品のデータが記録される。これらのデータは新造船に活用され、システムの多くは新造船向けに再設計の必要がなくなる。」

4-b フィンランド

FMI (Finnish Marine Industries) は、フィンランドの全海事クラスターを代表する組織で、国家研究開発活動の調整及び管理を行っている。2017～2025 年期の戦略的研究課題には、以下のようなメインテーマと優先分野を定めている。

メインテーマ：

- 競争力と能力の開発
- 技術セグメントの分野横断：①エネルギー、環境、持続性、②インテリジェント・シップ、システム、ソリューション

優先製品分野：

- クルーズ船、フェリー
- 北極海技術
- オフショア

フィンランドの造船業は、革新的な高度技術を要するクルーズ船とフェリー及び北極海、バルト海の氷海仕様船と関連技術の製造に高い専門性を保持している。

大型客船へのこれまでにない大量需要を満たすことに関し、FMI は次のように述べている。「建造工程全体を改善する必要がある。設計のモジュール化とモジュール型製品アーキテクチャーは、製造工程改善のための 2 つの主要方法である。そのためには、複雑な設計と製造ネットワークを実現する新設計ツールの導入が不可欠である。モジュール化により、製品の生涯を通じてメンテナンス、設計変更、改造が効率的に行えるようになる。」さらに、造船所と船主は、現行の規制・基準を満たすだけでなく、規制を超える水準の船舶建造のために協力すべきであると述べている。

フィンランドの海事クラスターは世界をリードする北極海技術を有するが、FIM はその専門性は更に進化すべきであると述べている。「砕氷過程に関する理解を深め、それに基づいた新技術を開発する。不連続要素モデリング (Discrete Element Modelling) や氷に関する計算流体力学等の新コンピューター解析ツール、モデル試験技術の更なる開発と導入が必要である。これらのモデル作成には、氷の物質特性、浮氷原の形成過程、船舶と氷の相互作用に関する正確な情報を要する。高圧氷又は高速運転における船舶の挙動、氷とプロペラの相互作用、氷海における構造強度、氷海の操船技術等の課題も解決する。」

フィンランドでは、海事研究開発イノベーション (RDI) プロジェクト向けのいくつかの資金支援プログラムがある。北極海域プログラムは、フィンランドの公的助成機関 TEKES が実施中のプログラムである。その他の海事関連プロジェクトの多くは、EU の「Horizon 2020」プログラム及び汎欧州輸送ネットワークプログラム「TEN-T」からの支援を受けている。

Meyer Turku 造船所の拡張計画

ドイツ造船所 Meyer Werft のフィンランド子会社である Meyer Turku は、2018 年 6 月、大型クルーズ船の建造能力を増大するために北欧最大のガントリークレーンを導入した。Meyer Turku は、既にフィンランド最大の造船所である。

建造ドックに設置されたこの新ゴライアスクレーンは、高さ 120m、吊り能力は 1,200 トンである。これは、新鋼板切断ライン及び新パネルラインの設置、IT 技術への更なる投資を含む 2 億ユーロ (2 億 3,200 万ドル) を投じた同造船所の拡張計画の一部である。同計画は、Meyer Turku 造船所を「近代的でデータを活用した船舶建造工場」として再生することを目指している。

既存のガントリークレーンは、100 トンのブロックを処理するクルーズ船の船体建造用クレーンとして再利用される。

4-c フランス

STX France

イタリア Fincantieri Group による STX France の買収は、欧州の造船勢力地図を書き換える出来事である。STX France のサン＝ナゼール造船所は、世界で最も近代的なヤードの一つで、研究開発と製造技術に多大な投資を行ってきた。同造船所は、複雑で革新的な船舶設計とエンジニアリングに高い専門性を持つ。建造実績としては、世界初の超大型石油タンカー「Batillus」(500,000DWT)、世界初の二元燃料 (DF) 電気推進 LNG タンカー、世界初の COGES 推進クルーズ船「Millenium」、その他「Queen Mary 2」、「Harmony of the Seas」(227,000GT)、最近では「MSC Meraviglia」を含む画期的なクルーズ船等がある。

STX France は、約 2,600 人を雇用し、500 人以上の下請けネットワークを持っている。2016 年の売上は約 14 億ユーロ (16 億 3,000 万ドル) で、受注残は過去最高となった。

フランス政府は、国家出資庁 (Agence des Participations de l'Etat : APE) を通じて破綻した韓国 STX Group から STX France の過半数所有権を買収した後、50%所有権を Fincantieri に売却する。Fincantieri は更に 1%の株式を取得し、同フランス造船所の 51%の経営権を獲得する計画である。Fincantieri はイタリアの国営企業である。

Fincantieri が経営権を獲得した後も、フランス政府は STX France の 3 分の 1 の所有権を保持する。さらに、戦略的理由により、フランス政府所有の海軍防衛企業 Naval Group (旧 DCNS) が最低 10%の株式を保有する。新たな STX France の所有形態は、欧州最大の先進高価格船の造船所の一つが、事実上の国営企業となることを意味する。

現在、STX France 商船の受注残総額は、一つの造船所としては世界最大級である。2018 年 6 月 30 日現在の受注残は大型クルーズ船 11 隻で、加えてクルーズ船 2 隻のオプション建造が予定されている。これは、STX France と建造下請け企業にとって 1 億時間の作業に相当し、現時点の受注残だけで 2024 年までの作業量は確保されている。オプション建造のクルーズ船 2 隻の 1 隻当たりの船価は 10 億ユーロ (11 億 2,000 万ドル) で、2025 年と 2026 年に引渡しが予定されている。このような受注残の金額と作業量は、造船史上例を見ない規模である。

2018 年の新規受注船には、LNG 焚きの DF 主機が含まれており、技術的な洗練度を更に高めている。LNG 燃料システムは、MSC Meraviglia クラスのクルーズ船の第 5 船、及び MSC の次世代クルーズ船である World クラスのシリーズに採用される。

STX France と Fincantieri は、製品群、市場戦略、ビジネス原理において互いに補い合うと考えられている。

Naval Group による新生 STX France の少数株保有は、国家セキュリティ面だけではなく、ビジネス面でも戦略的重要性が高い。2017 年 9 月、フランス、イタリア両政府は、両国の海軍防衛セクターの共同体制創設を進めるプロセスを開始した。イタリア Fincantieri が筆頭株主である STX France への艦艇建造所 Naval Group の参加は、共同防衛体制の確固とした基礎となる。Naval Group と Fincantieri は、既にフランス、イタリア両国海軍の駆逐艦共同開発プログラムである Horizon 計画で協力を行っている。

STX France : 予想される所有形態

Fincantieri (Fincantieri Europe)	50% (+APE からの 1%ローン)
フランス政府 (APE*)	34.34% (うち 1%を Fincantieri に貸し付け)
Naval Group	10%+

STX France 従業員	最大 2.4%
地元企業	最大 3.26%

*Agence des Participations de l'Etat (フランス国家出資庁)

STX France : 取締役会の構成

Fincantieri	4 人 (会長と CEO を含む)
フランス政府	2 人
Naval Group	1 人
従業員	1 人

STX France : クルーズ船受注残 (2018 年 6 月 30 日現在)

引渡し予定	クルーズ船クラス	トン 数 (GT)	船主
2018 年 10 月	Celebrity Edge クラス (第 1 船)	129,000	Celebrity Cruises
2019 年	Meraviglia クラス (第 2 船)	171,600	MSC Cruises
2019 年	Meraviglia-Plus クラス (第 1 船)	177,100	
2020 年	Celebrity Edge クラス (第 2 船)	129,000	Celebrity Cruises
2020 年	Meraviglia-Plus クラス (第 2 船)	177,100	MSC Cruises
2021 年	Oasis クラス (第 5 船)	227,000	Royal Caribbean
2021 年	Celebrity Edge クラス (第 3 船)	129,000	Celebrity Cruises
2022 年	Celebrity Edge クラス (第 4 船)	129,000	Celebrity Cruises
2022 年	MSC World クラス (第 1 船) (LNG 燃料)	205,000	MSC Cruises
2023 年	Meraviglia-Plus クラス (第 3 船) (LNG 燃料)	183,500	MSC Cruises
2024	MSC World クラス (第 2 船) (LNG 燃料)	205,000	MSC Cruises
オプション :			
2025 年	MSC World クラス (第 3 船) (LNG 燃料)		MSC Cruises
2026 年	MSC World クラス (第 4 船) (LNG 燃料)		MSC Cruises

STX France は、2018 年にも更に製造システムへの投資を進め、フィンランド Pemamek 社と STX France のサン＝ナゼール造船所向けの自動パネル組立・溶接設備供給に関する契約を締結した。この契約は、2016 年の同社 PEMA レーザーハイブリッド溶接ラインの発注に続くものである。

新契約は製品設計と引渡しだけではなく、現場トレーニングとパネルラインにおける製造支援を含んでいる。新設備は、同造船所の近代化計画の一部である。現行のパネルライン設備は旧式化しており、維持コストが高く、STX France のクオリティ水準を満たしていない。

PEMA 技術への更なる投資は、システムと機器の互換性を確保し、製造能力、処理能力を向上、製造工程と製品のクオリティを向上させる。新契約は、PEMA パネル供給ライン 1 基、自動 PEMA パネル組立・溶接ステーション 2 基を含み、これらは造船所の既存パネルラインに統合される。

STX France は、研究開発イノベーションへの投資を継続している。既に実施された技術開発プロジェクト「Ecorizon」では、環境に優しい技術に焦点を当て、設計、建造、運航を含む

船舶の全環境負荷の低減を目指した。「Ecorizon」プロジェクトには、造船所の旧オーナーSTX Europe とフランス地方政府が共同で出資した。プロジェクトの成果は、サン＝ナゼール造船所で建造された多くの新造船に採用され、MSC World クラス等、現在建造中又は計画中の新造船にも統合される。

現行の研究開発プロジェクトである「Smart Yard 2020」への投資総額は1億ユーロ（1億1,600万ドル）で、2016年から2020年まで実施される。同プロジェクトの目的は、クルーズ船セクターの船主に付加価値の高い設計を提供することである。研究活動は、エネルギー、環境性、安全性、操作性等設計分野の多くの課題を網羅している。

Dassault Systemes

2017年、フランスのソフトウェア企業 Dassault Systemes は、オランダのオフショアエンジニアリング企業 AITAC を買収した。買収の目的は、AITAC の「Smart Drawing」ソフトウェアシステムを Dassault の「3DEXPERIENCE」プラットフォームである「Designed for Sea」及び「Optimized Production for Sea」に統合することである。

「Smart Drawing」ソフトウェアは、Dassault Systemes の CATIA アプリケーションによるマスター3Dモデルをベースとした船舶及び船用機器の標準化された設計図を自動的に作成する。AITAC は、Dassault の長年の顧客で、同技術を Meyer Werft で建造されるクルーズ船等の重要プロジェクトに使用してきた。

AITAC ソフトウェア及び 3DEXPERIENCE プラットフォームを用いて作成された製図は、造船所の海事関連標準や要求への対応を支援する。マスター3Dモデルによる自動化は、製図作成のコストと作業を低減させ、また、異なる設計分野において複数のモデルの利用を可能にする。さらに、設計と製図作成をシームレスに統合し、設計の質を向上させ、製品のライフサイクルを合理化させる。

プロペラブレードの 3D プリンティング

2018年、フランスにおいて、付加製造（additive manufacturing : AM）手法による実寸のプロペラブレードの 3D プリンティングプロジェクトが行われた。複雑な幾何学特性を持つ重量 300kg 超のブレードは、ワイヤーアーク積層造形法（WAAM）を用いて製造された。艦艇建造所 Naval Group とエンジニアリング学校 Centrale Nantes が共同で行った同プロジェクトの目的は、積層造形法を利用した大型で複雑な船用部品の製造技術を確立することである。

WAAM 技術は、金属ワイヤー上にロボット型溶接アームからアークプラズマ放電を行い、3D 物体を製造する。ナントで行われたプロペラブレード製造では、アルミニウム銅合金のワイヤーが用いられた。WAAM 技術は、プロペラ本体等既存の表面に 3D プリンティングすることも可能である。

従来の製造方法を超えることにより、3D プリンティングは、革新的な部品設計と組立てを実現する可能性があり、また、材料の節約と重量の削減にも繋がる。

WAAM 技術による初めてのプロペラは、既にオランダの RAMLAB が製造している。

4-d ドイツ

低迷と再編の時期を経て、ドイツの造船業は、近年、クルーズ船、RORO フェリー、スーパーヨット等の商船市場の高価値セグメントにおいて新たな成功を収めている。マレーシアの Genting Group による投資も、ドイツ造船業にとって重要な進展となっている。

ドイツの造船所は、コンテナ船、タンカーその他の商船の建造からほぼ完全に撤退し、高技術、高価格船セグメントにおける競争力を更に強化している。現在の受注残の多くは、LNG 燃料推進の新造船である。ドイツ連邦政府は、新造船、既存船へのレトロフィットの両方の LNG 燃料の利用促進への助成プログラムを開始している。

ドイツ海事産業の最も重要な特長の一つは、そのエンジニアリング、船用機器、関連船用技術分野における専門性の高さである。これにより、ドイツの造船所は、高付加価値、高技術船舶の建造において高い競争力を維持している。

ドイツの連邦政府及び地方(州)政府は、製造業の振興と製品輸出の促進を政策としている。連邦政府は、ドイツ造船所に新造発注を行う外国企業に対し、融資保証を提供している。さらに、技術競争力の維持を目指した研究開発イノベーション (RDI) プロジェクトへの助成を行っている。

2017 年末には、ドイツ連邦政府は、「革新的な造船と競争力のある雇用確保」と題した新助成プログラムを発表した。同プログラムは、2018 年 1 月 1 日に発効し、2019 年 12 月 31 日までの 2 年間を対象としている。

ドイツ造船業のイノベーション促進は、連邦政府のハイテク技術戦略の一環である。その目的は、イノベーション活動の促進により、ドイツ造船業がグローバルな高技術特殊船及び海洋建造物市場において競争力を維持、強化することである。同時に、革新的なソリューションの開発能力のある人材確保も目的としている。

Meyer Werft

Meyer Werft のパーペブルク拠点は、新造船の完全屋内建造を行う欧州大陸初の大型造船所であった。2 つの屋内建造ドックと関連製造組立設備は、移動距離が短く、生産性と効率を向上させている。

ほぼ全ての製造工程はデジタル化され、全計画段階と建造工程には「バーチャルワールド」、「デジタルファクトリー」概念が適用されている。これにより、建造中の予期しない問題発生リスクとコストの掛かるやり直し作業を回避、また、建造スケジュールの厳守が容易となる。

設計者とエンジニアは、全船内システム及びコンパートメントのレイアウトのシミュレーションを行い、最終組立て評価とシミュレーションされたシステムの試験を、新造船建造時の鋼板切断開始以前に行うことが出来る。同じ 3D モデルを用い、建造、製造部門では、造船所内の資材のフローの最適化を行うことが出来る。この資材輸送制御システム「TESS」は、データ無線により運転制御される。このシステムにより、輸送ルート shortest、輸送の最小化、正確でジャストインタイムな資材供給が実現される。

この革新的な造船所内輸送システムは、燃料の節約だけではなく、従来のディーゼル燃料に代わってバイオディーゼルを使用することで環境負荷低減にも繋がっている。使用されるバイオディーゼルは、菜種油メチルエステルを原料としている。

また、Meyer Werft は、セクション組立てシステムの拡張に 400 万ユーロ超 (465 万ドル)

を投じた。このような大型で革新的な「連続フロー型製造原理を用いたコンベアベルト型システム」を採用している造船所は他に例を見ない。

これまで甲板、隔壁、支持構造、及びパイプ、空調導管、ケーブルトレイ等の全艙装システムが、この大型「コンベアベルト」上で製造されてきた。現在は、これらのセクションで構成された更に巨大なブロックも、艙装前に「コンベアベルト」上で組み立てられている。この新型フローシステム導入のため、同造船所の建造ホールの一つ（ホール IV）が 100m 拡張されている。

造船所の地元企業である EMS Schiffbau が、セクションをブロックに組み立てるコンベアベルトの上面となるプラットフォーム 10 基を供給する。プラットフォーム 1 基の重量は 210 トン、大きさは 25×34×2.8m である。

近年、Meyer Werft は、新たな「スマート製造業」の時代に向けて「インダストリー4.0」導入の準備を開始している。2016 年 1 月には、フランス Dassault Systemes が開発した 3DEXPERIENCE プラットフォームを、ドイツの造船所 2 か所（パーペンブルク及びヴァルネミュンデ）及びフィンランドの造船所（トゥルク）の IT インフラに統合する計画を発表した。このソフトウェアパッケージを用い、Meyer Werft は、クルーズ船の設計と製造を効率化させる。将来的には、クルーズ船以外の高付加価値の高度技術新造船にも応用する。

Dassault のソリューション「On Time to Sea」及び「Designed for Sea」の導入により、Meyer Werft は、船舶の全ライフサイクル、すなわち設計、製造、エンジニアリング、試運転、運航から数十年後の退役までを、一元管理されたデジタル環境で監視することが出来る。

設計と製造の効率化に加え、新システムは、造船所が建造開始以前に「バーチャルシップ」の活用により新技術やイノベーションを開発することを可能にする。

2018 年 8 月には、Meyer Werft は、クルーズ船の艙装設計と艙装製造向けの CADMATIC ソフトウェアへの更なる投資を発表した。フィンランドの造船拠点の CADMATIC 利用を拡大し、ドイツの造船拠点への導入も開始する。

今回の投資の目的は、設計と製造のリードタイム短縮、設計のクオリティ向上、同社の造船拠点と下請け企業の作業方法の統一化である。新ソフトウェアは設計から製造までのプロセスを合理化し、複数の作業を一つのプロジェクト、一つのデータベースに統合する。

Meyer Werft のデジタル化戦略と「インダストリー4.0」の取組みは、2016 年の新たな上級管理職であるチーフ・インフォメーションオフィサーの設置に反映されている。3 造船所の IT を統括するチーフ・インフォメーションオフィサーは、Meyer 一族内から任命された。

ドイツとフィンランドの Meyer 造船所の所有権は、2016 年以来 Meyer 家の 2 つの財団に帰属している。財団の一つはドイツの Meyer 企業の株式を所有し、もう一つの財団は Meyer Turku の長期所有権を保持する。両財団は、Meyer Werft の現在及び将来的な世代の安定した唯一の所有者を保証するものである。（Meyer Turku の項参照）

Meyer Group（ドイツ及びフィンランド）の受注残、2018 年 8 月 31 日現在

引渡し予定年	クルーズ船名／クラス	トン数（GT）	船主
Meyer Werft			
2018	AIDAnova（LNG 燃料）	183,200	AIDA Cruises
2019	Norwegian Encore	167,800	Norwegian Cruise Line
2019	Spirit of Discovery	58,250	Saga Cruises

2019	Spectrum of the Seas	168,800	Royal Caribbean
2020	Iona (LNG 燃料)	184,000	P&O Cruises
2020	Spirit of Adventure	58,250	Saga Cruises
2020	Quantum Ultra クラス	168,800	Royal Caribbean
2021	Disney クラス (LNG 燃料)	135,000	Disney Cruises
2021	AIDAnova クラス (LNG 燃料)	184,000	AIDA Cruises
2022	Disney クラス (LNG 燃料)	135,000	Disney Cruises
2022	Iona クラス (LNG 燃料)	184,000	P&O Cruises
2023	AIDAnova クラス (LNG 燃料)	183,200	AIDA Cruises
2023	Disney クラス (LNG 燃料)	135,000	Disney Cruises
Meyer Turku			
2019	Mein Schiff 2	111,500	TUI
2019	Costa Smeralda (LNG 燃料)	184,000	Costa Crociere
2020	Carnival-1	184,000	Carnival Cruise Line
2021	Costa Smeralda クラス (LNG 燃料)	184,000	Costa Crociere
2022	Carnival-2	184,000	Carnival Cruise Line
2022	Icon of the Seas (LNG 燃料)	200,000	Royal Caribbean
2023	Mein Schiff 7	111,500	TUI
2024	Icon-class (LNG 燃料)	200,000	Royal Caribbean

Flensburger Schiffbau-Gesellschaft (FSG)

フレンスブルガー造船所 (Flensburger Schiffbau-Gesellschaft : FSG) は、過去 20 年間に亘り、RORO 貨物船と RORO 旅客 (ROPAX) フェリーの世界的な設計企業及び造船所の一つである。2018 年には、アイルランドと豪州からの ROPAX フェリーの新規受注を獲得している。建造は、屋内建造ドック 1 基で行われている。中規模造船所としては例外的に大きい設計部門を持ち、研究開発投資の多さも特徴で、社内の研究開発活動に加え、ドイツ国内及び EU の国際研究開発プロジェクトに参加している。

MV Werften

マレーシアの Genting Group は、ドイツの完全子会社 MV Werften を通じてドイツ造船業に大きな影響力を持っている。MV Werften は、ドイツ東部 (メクレンブルク=フォアポンメルン州) の造船業の活性化とドイツの海洋クルーズ船及び河川クルーズ船の建造に寄与している。

Genting の戦略は、アジアのクルーズ産業の長期的発展である。世界の大型造船建造能力を持つ造船所は限られており、Genting は、数か所のドイツ造船所の買収を行った。買収されたロストック・ヴァルネミュンデ、ヴィスマール、シュトラールズントの造船所は新ドイツ造船企業 MV Werften となり、Genting ブランドのクルーズ船社 Star Cruises、Dream Cruises、Crystal Cruises、Crystal River Cruises 向けのクルーズ船を建造する。

第 1 期の 5 年建造計画 (2016~2021 年) では、以下の新造船が建造される。

- Crystal River Cruises 向けライン川クルーズ船 (全長 135m) 4 隻。2017~2018 年引渡し。
- Crystal Cruises 向け Endeavor クラス極海探検クルーズ船 (200,000GT、乗客数 200 人) 3 隻。2019 年、2020 年、2021 年引渡し。

- Dream Cruises 向け Global クラスクルーズ船（204,000GT、乗客数 5,000 人）2 隻。2020 年、2021 年引渡し。

Global クラスのクルーズ船は、ドイツ造船所が建造する最大の旅客船となる。

2021 年以降も Endeavor クラス及び Global クラスのクルーズ船の建造が予定されている。大型船の建造能力は倍増し、年間 4 隻の建造が計画されている。暫定計画では、Diamond クラスのクルーズ船（65,000GT、乗客数 800 人）3 隻が、2022 年、2023 年、2024 年に竣工する。

Genting は、造船所 3 か所の全機械、機器、インフラのリニューアルとアップグレードに 2 億 5,000 万ユーロの投資を行っている。ロストック・ヴァルネミュンデの造船所では、新建造ホールを建設中である。新ホールには、ブロック建造用の最新自動レーザーハイブリッド薄鋼板溶接ライン及び艀装ラインを設置し、2018 年秋に本格的に製造を開始する。Genting は、キャビンモジュールの製造専門の新工場建設にも投資を行っている。

HSVA モデリング

2018 年、ハンブルク試験水槽（HAVA）は、英国の極地調査船の新造プロジェクトにおいて船型試験と評価を担当した。同船の空気力学特性の研究には、Detached-Eddy シミュレーション（DES）、又は「バーチャル風洞」を用いた。

風洞内のモデル試験は、新造船の空気力学特性の評価に用いられる一般的な手法であるが、乱流モデリングの開発とコンピューターのプロセス機能の進化に伴い、数値流体力学（CFD）が有効な代替手法として利用されるようになった。CFD ベースの「バーチャル風洞」は、妨害効果を最小限にした非常に大きなコンピュータードメインを用い、フルスケールの船舶試験を可能にする技術である。極海調査船のシミュレーションは、HSVA がハンブルクハーブルク工科大学と共同開発した「FreSCo+」フローソルバーを用いて行われた。

DNV GL

2018 年 6 月、船級協会 DNV GL のハンブルク拠点は、アルミニウム製ケーブルとコネクタの船用利用に関する初の型式承認を発表した。新型式承認により、高価な銅の代わりにアルミニウムを使用することが可能となり、大幅なコスト削減に繋がる。2018 年時点のアルミニウム価格は銅の約 3 分の 1 である。

従来の船用電力ケーブルは伝導性に優れた銅製であった。しかしながら、銅価格の高騰は造船所と船主への負担となっていた。同時に電気推進が普及し、経済的な電力ケーブルの重要性と需要が高まっている。

アルミニウムの伝導性は銅よりも低いため、太いケーブルが必要となる。太さの増加は、アルミニウムの軽さにより相殺される。アルミニウム製ケーブルの利用に関しては、過去 3 年間、英国の多目的オフショア支援船で実船試験が行われた。

transfluid : デジタルチューブ曲げ加工

ドイツ企業 transfluid は、同社の造船及びオフショア産業向けの大型チューブ曲げ加工技術とデジタル技術を統合した。製造コストの削減に繋がる transfluid の「t-bend CNC 曲げ加工機」は、大型チューブへのカーブ状部品の溶接に代わって広く用いられている。

同社のソフトウェアは、直管を溶接フランジとともに曲げる際のフランジの厳密な方向を計

算する。モバイル計測ツールは、現場でデータを収集する。さらに、**transfluid** は、チューブの末端を加工する「ロータリー**t-form** マシン」のオプションも提供している。例えば、フレアフランジを接続した後にチューブを曲げることも可能である。

同社の曲げ加工システムは、直径 400mm までのチューブの加工時間を最大 60%短縮する。システムは、完全自動の CNC を搭載し、あらゆる素材のあらゆる厚さのチューブの加工が可能で、チューブ直径の 1.5 倍の最小半径での曲げが可能である。

フランジが既に直管に溶接されている場合、チューブ加工は容易で安価となる。CAD プログラムへの内部接続により、「**t-project**」曲げ加工ソフトウェアは、直ちにアイソメトリック図を処理することが出来る。フランジをデータベースから選び、アイソメトリック図に統合することが可能である。

このフランジ管の曲げ加工ソリューションは、製造の柔軟性を向上させ、製造工程を簡易化する。タブレット型の「**t-project Draft**」ソフトウェアにより、ユーザーはポータブル計測システムを用いて現場でデータを収集することが出来る。データ収集と記録は、完全に自動化され、技術管理オフィスと曲げ加工機にオンライン転送される。

4-e イタリア

Fincantieri Group

欧州最大の造船グループである Fincantieri Group は、世界第 4 位の造船所になろうとしている。同グループは、クルーズ船建造では世界最大手で、艦艇及びオフショア船建造でも世界的な規模を持つ。現在の受注残は、同社史上最大で、8 年先までの予定が決定しており、イタリア造船拠点の船台は埋まっている。

過去 5 年間の 2 件の大型企業買収により、Fincantieri の規模は倍増した。第一の買収は、ノルウェーを本社とし、国際的な造船ネットワークを持つ VARD Group の過半数株式買収、第二の買収は、フランス最大の造船所 STX France の過半数所有権買収に関する合意である。さらに、Fincantieri は、中国の商船造船所と技術提携を行い、グローバルな影響力を高めている。

Fincantieri のグローバルな製造体制は、イタリア、ノルウェー、ルーマニア、米国、ブラジル、ベトナム、アラブ首長国連邦の 22 か所の造船所、及びその他の船用機器製造拠点と関連施設から構成される。総従業員数は、イタリア国内の 8,400 人を含む 19,000 人超である。加えて、サプライヤーネットワークは、5 万人近くを雇用している。STX France の買収により、Fincantieri は、クルーズ船の大規模な受注残を持つフランス西部サン＝ナゼールの造船拠点を傘下に収める。

2018 年 2 月、Fincantieri は STX France の 50%株式取得に関する合意をフランス政府と締結した。さらに、1%株式を借入調達し、Fincantieri は、同社の過半数所有権を獲得する。買収は、フランス政府が韓国所有の STX France の買収を完了した後に正式に発効する予定である。Fincantieri 以外の主要株主は、フランス政府 (34.34%) 及びフランス艦艇造船企業 Naval Group (旧 DCNS、10%) となる。

現在 Fincantieri は、7 か所の造船拠点（ノルウェー 5 か所、ルーマニア 2 か所、ブラジル 1 か所、ベトナム 1 か所）を持つ VARD Group の 87%株式を保有している。VARD は、オフショア市場向け特殊船建造の世界大手の一つで、この他 LNG 燃料フェリー、漁船、艦艇、砕氷船等の船種の建造も行っている。オフショア市場の低迷を受け、VARD は、ビジネスを多角化し、現在では探検クルーズ船等の小型クルーズ船市場で重要な欧州造船所として台頭している。

Fincantieri は、イタリア造船所が建造する新造クルーズ船の船体ブロックを VARD のルーマニア造船所で建造するなど買収による製造のシナジー効果を活用している。同時に Fincantieri は、VARD の探検クルーズ船建造に対してイタリアから技術的支援と部品供給を行っている。最新の建造プロジェクトの一つでは、全長 182m の調査探検船の船体をルーマニア VARD Tulcea で建造し、ノルウェー VARD Brattvaag で艤装を行う。

また、Fincantieri は、最近、クロアチア最大の造船所 Brodosplit との提携を開始した。第一段階として、Brodosplit は、イタリア Fincantieri が受注した新造クルーズ船向けに艤装済みのブロックを供給する。

Fincantieri Group の米国子会社 Fincantieri Marine Group は、米国五大湖沿岸に 3 か所の造船所を運営している。

Fincantieri のグループ戦略では、中国が重要な位置を占めている。2017 年 2 月、Fincantieri、中国船舶工業集団 (CSSC)、米国 Carnival Corporation は、急成長する中国のクルーズ市場向けに、Fincantieri のノウハウを使用した上海外高橋造船所におけるクルーズ船 2 隻の建造に関する契約を締結した。4 隻のオプション権もあるため、最終的には 6 隻が建造される可能

性もある。また、Fincantieri は、CSSC とサプライチェーン構築に関する予備的合意 (LOI) を交わし、中国修繕所上海華潤大東船務工程有限公司 (Haurun Dadong Dockyard) との中国向けクルーズ船メンテナンスに関する契約を締結した。

2018年8月には、Fincantieri は、CSSC との商船以外のセグメントにおける協力体制構築の可能性に関する了解事項覚書 (MOU) に署名した。

Fincantieri Group のビジネスは、次の3つのセグメントに分かれている。①造船 (クルーズ船、艦艇)、②オフショア (主に VARD のオフショア船建造と探検クルーズ船)、③船用機器、システム、サービス。全セグメントにおける戦略は、高度技術を駆使した付加価値の高い船舶の建造である。

2018年6月30日までの6か月間の総売上は、前年同期比で10%増加した。同期の造船部門の売上は7.7%増であった。売上の68%はクルーズ船ビジネスに由来し、32%は艦艇ビジネスからである。オフショア部門の売上は、VARD の探検クルーズ船ビジネスと VARD のルーマニア造船所の生産量増加により、前年同期比26%増となった。船用機器・システム部門も前年比41%増と好調であった。

2018年6月30日現在、Fincantieri Group の新造受注残は、99隻、総額298億ユーロ (246億ドル) である。2017年6月30日時点の受注残は、102隻、総額260億ユーロ (302億ドル) であった。2018年7月には、更にクルーズ船7隻、艦艇4隻の新造契約を獲得し、2018年7月31日現在の受注残は、109隻、同社史上最高の総額300億ユーロ (350億ドル) 相当となった。

イタリア製造拠点のクルーズ船建造プログラムは、2026年までの予定が決定している。2018年7月現在、船台は2022年末まで全て埋まっている。Fincantieri は、クルーズ旅行の人気上昇と、中国を始めとする新市場におけるクルーズ船の需要増加から、今後も引き続き新造クルーズ船への需要は大きいと予想する。同社は、以下の2つのトレンドを予想している。

- ①大型クルーズ船 (14,000GT 以上) への需要増加。これに伴い各建造プロジェクトのサイズと契約金額は増加する。
- ②探検/冒険クルーズ船や氷海仕様クルーズ船等のニッチ市場の拡大。

n

Fincantieri : クルーズ船の受注残 (2018年7月31日現在)

引渡し予定年	クルーズ船名/タイプ	トン数 (GT)	船主
2018	Nieuw Statendam	99,800	Holland America Line
2019	Costa Venezia	135,500	Costa Crociere
2019	Viking Jupiter	47,842	Viking Ocean Cruises
2019	Sky Princess	143,000	Princess Cruises
2019	Carnival Panorama	133,500	Carnival Australia
2020	Costa Asia クラス	135,500	Costa Crociere
2020	Virgin クラス	110,000	Virgin Voyages
2020	Seven Seas Splendor	55,000	Regent Seven Seas
2020	Royal Princess クラス	143,000	Princess Cruises
2020	Silver Moon	40,700	Silversea Cruises
2021	Viking Venus	47,800	Viking Ocean Cruises
2021	Seaside Evo クラス	169,400	MSC Cruises
2021	Virgin クラス	110,000	Virgin Voyages
2021	Silver Dawn	40,700	Silversea Cruises

2022	Viking Tellus	47,800	Viking Ocean Cruises
2022	Leonardo クラス	140,000	Norwegian Cruise Line
2022	Queen Anne	113,000	Cunard Line
2022	Viking Star クラス	47,800	Viking Ocean Cruises
2022	Virgin クラス	110,000	Virgin Voyages
2022	Royal Princess クラス	143,000	Princess Cruises
2023	Viking Star クラス	47,800	Viking Ocean Cruises
2023	Seaside Evo クラス	169,400	MSC Cruises
2023	Leonardo クラス	140,000	Norwegian Cruise Line
2023	Princess (LNG 燃料)	175,000	Princess Cruises
2024	TUI (LNG 燃料)	161,000	TUI Cruises (TUI/Royal Caribbean)
2024	Viking Star クラス	47,800	Viking Ocean Cruises
2024	Leonardo クラス	140,000	Norwegian Cruise Line
2024	Viking Star クラス	47,800	Viking Ocean Cruises
2025	Viking Star クラス	47,800	Viking Ocean Cruises
2025	Princess (LNG 燃料)	175,000	Princess Cruises
2025	Leonardo クラス	140,000	Norwegian Cruise Line
2026	TUI (LNG 燃料)	161,000	TUI Cruises (TUI/Royal Caribbean)
2026	Viking Star クラス	47,800	Viking Ocean Cruises
2026	Viking Star クラス	47,800	Viking Ocean Cruises
2027	Viking Star クラス	47,800	Viking Ocean Cruises
VARD Group 造船所 (ノルウェー)			
2018-2020	Laperouse クラス (6 隻)	10,000	Ponant Cruises
2019	Hanseatic Nature	16,000	Hapag-Lloyd Cruises
2019	Coral Adventurer	6,000	Coral Expeditions
2019	Hanseatic Inspiration	16,000	Hapag-Lloyd Cruises
2021	Hanseatic クラス	16,000	Hapag-Lloyd Cruises
2021	Ponant LNG 燃料/電気ハイブリッド推進	30,000	Ponant Cruises
2022-2023	クルーズ船 2 隻、設計詳細不明		Viking Cruises

同グループのイタリア及びブルーマニアの造船所には、建造工程とプロジェクト開発能力の最

適化と効率化のための新たな設備投資が計画されている。また、高度専門技術を持つ技術者を増やすことも必要であると考えられている。

Fincantieri の造船ビジネス戦略

ビジネス部門	目標	現状	今後の戦略
クルーズ船建造	受注残のリスク軽減	2016～2017 年期中に 6 隻のプロトタイプを竣工	2018～2022 年期中は 3 隻のみのプロトタイプを竣工
	VARD とのシナジー効果	VARD Tulcea で建造されたブロックの Fincantieri イタリア造船所への引渡しトン数が 2017 年には前年比で倍増した。	VARD ルーマニア造船所の Fincantieri イタリア造船所への統合促進と調達戦略の統一。
艦艇建造	新市場への参入	①カタール海軍からの大型新造受注 ②戦略的建造プログラムへの入札	①実績のある設計・製品及び新コンセプトの開発によるノウハウと信用の向上 ②豪州、米国等新たなビジネス機会を特定
オフショア	VARD の事業多角化	2017 年、2018 年の新規受注の 90%以上はコアビジネスであるオフショア以外である。	①オフショア市場における新ビジネス機会向けのノウハウを統合 ②豪華クルーズ船、探検クルーズ船、艦艇市場への参入

2016 年の Fincantieri の研究開発投資は、9,600 万ユーロ（1,116 万ドル）であった。2017 年も同水準の投資を行っている。

同グループの研究開発は長期戦略に基づいており、以下の課題に焦点を当てている。

- 競争力を維持するためのシステム、部品、ノウハウ、プラットフォーム、コンセプトを開発する。
- 製品とプロセスの統合を目指した独自のシステムと部品ソリューションを開発し、競争力を向上させる。

Fincantieri の現行の研究開発イノベーション活動は、イタリアの製造業向け化学製品メーカー Mapei との共同研究を含む。その目的は、設置時間の最適化、材料重量の削減、特殊製品を用いた防音効果の向上、船舶建造における接着剤の利用拡大等である。

Fincantieri Group : 2018 年の主な新造受注

- TUI（ドイツ TUI と米国 Royal Caribbean の合弁会社）向け新型 LNG 燃料クルーズ船（161,000GT）2 隻。2024 年、2026 年に引渡し予定。
- Carnival Group の子会社 Princess Cruises とクルーズ船（175,000GT）2 隻の建造に関する覚書を締結。イタリアで建造される最大の船となる。
- VARD が Hapag-Lloyd Cruises 向け探検クルーズ船の第 3 船、及び Viking Ocean Cruises 向け探検クルーズ船 2 隻を受注。

- VARD がノルウェー政府向け沿岸警備艇 3 隻を受注。
- Fincantieri の米国子会社 Marinette Marine Corporation が Lockheed Martin と共同でサウジアラビア向け多目的水上戦闘艦 (Multi-Mission Surface Combatant : MMSC) 4 隻を受注。

4-f オランダ

オランダの造船業は、小型商船、作業船、浚渫船等の特殊目的船、小型フェリー、オフショア支援船等の設計・建造におけるグローバルリーダーである。造船所の多くは、オランダ最北部地域に位置している。

オランダ造船業は、東欧や東南アジアの低コスト国に船体のみの建造を外注し、オランダで艀装を行うという方式を取り入れた欧州初の造船国の一つである。Damen Shipyards 等はこの方式を更に進め、低コスト国の造船所を買収し、船体だけではなく船舶の建造も行っている。

オランダ人は問題解決能力が高く、造船業が直面する多くの問題にもかかわらず、常に収入に繋がるビジネス機会を見出してきた。

オランダ造船所の過去 2 年間の新規受注は好調で、市場は緩やかな回復を見せている。しかしながら、現実には新造需要は拡大しているが、国際競争により船価は低迷している状況である。このため、オランダの造船・船用クラスターは、低コスト国に対抗するには更なる効率化が必要であると認識している。いくつかの造船所は、持続性のあるエネルギーシステムを持つ船舶の設計能力が今後の競争力維持の鍵となると考えている。

オランダ政府は造船所を保有しておらず、オランダの造船業は完全に民営であるが、政府は造船業に注視している。また、オランダの造船業は外資の参入を認めており、オランダの税制は外国人投資家にとって魅力のあるものとなっている。さらに、研究開発投資を行う造船企業は「イノベーションボックス」と呼ばれる優遇税制を利用することが出来る。同税制では、法人税を 5% に引き下げ、所得税と社会保障保険料控除を優遇する。

Damen Shipyards Group

同族企業である Damen Shipyards Group は、過去 20 年間に亘り造船事業の拡張戦略を続けてきた数少ない欧州造船企業の一つである。2018 年 7 月には、2 つの更なる戦略が発表された。第一の戦略は、クルーズ船建造に関するイタリア造船所との提携である。第二の戦略は、大宇造船海洋からのルーマニア造船所の過半数株の買収である。

ルーマニア造船所の買収により、Damen グループの国際ネットワークは、造船及び修繕所 35 か所、雇用者数は 12,000 人となる。

イタリアでは、ジェノバの造船所 T.Mariotti と、合弁会社 Mariotti Damen Cruise を設立し、長期的な提携を目指している。新合弁会社は、両社の専門性を利用し、T.Mariotti は小型、中型豪華クルーズ船の設計と艀装を担当、Damen は製造設備とシステムを提供する。

合弁会社 Mariotti Damen Cruise は、設立と同時に Carnival Corporation の高級クルーズブランドである Seabourn 向けに探検クルーズ船 2 隻 (23,000GT) の新造受注を発表した。このプロジェクトは、Damen にとって初のクルーズ船建造となり、欧州で成長している探検クルーズ船市場における地位を強化する。極海クルーズ用に建造される乗客数 700 人のクルーズ船 2 隻は、2021 年と 2022 年に竣工が予定されている。

第二の戦略としては、大宇造船海洋のルーマニア子会社 Daewoo Mangalia Heavy Industries の持ち株を買収した。黒海沿岸に位置する同造船所は、Damen Shipyards Mangalia に社名を変更し、ルーマニア政府との合弁会社となる。Damen は、同造船所の経営権を保持する。最大長 60m の乾ドック 3 基を持つ同造船所は、Damen グループ最大の造船所となり、高度技術を用いた大型フェリーやオフショア建造船市場をターゲットとする。

Damen は、1999 年以來ルーマニアで **Damen Shipyards Galati** を経営しており、ルーマニアの造船産業では確立した実績がある。同造船所は、長年ルーマニアの主要造船所であり、近年、Damen グループが竣工した特筆すべき新造船の何隻かを建造している。同造船所の建造船は、ほぼ 100%が輸出向けである。

Damen Shipyards Group は、グループの技術協力フレームワーク (**Damen Technical Cooperation: DTC**) を通じて常に海外造船所やパートナー企業への知識移転を行っている。今年に入り、メキシコとの新造契約を結んだため、技術協力ネットワークは更に進化している。

メキシコの新造プロジェクトは、メキシコ海軍向けの航続距離の長い海洋巡視艇(全長 107m、幅 14m、速力 25 ノット) である。Damen は、メキシコ造船総局と協力し、建造ノウハウをメキシコの造船産業に移転する。

同船の 6 モジュールのうち 2 モジュールは、オランダ **Damen Schelde Naval Shipbuilding** で建造され、残りの 4 モジュールは、メキシコのサリナ・クルスで建造される。同船は、ラテンアメリカで建造される船舶としては、最も高度な技術を持つ巡視艇である。両国の建造システムの調整と技術移転により、この造船プロジェクトは迅速に進んでいる。

近年、Damen グループの標準船型船の建造に加え、高度にカスタム化された「ワンオフ」の新造船の受注が増加している。

一方、Damen の国際ネットワークで建造される殆どの船は標準船型でモジュール建造が行われており、迅速な引渡しのための標準船型のストックが投機的に建造されている。2017 年の同グループの総生産量は 165 隻で、うち 64 隻はタグボートと作業船、35 隻はポンツーン、バージ、浚渫船、40 隻は小型高速船とフェリー、30 隻はその他の船種となっている。2016 年の建造隻数は 219 隻で、うち 90 隻はタグボートと作業船、44 隻はポンツーン、バージ、浚渫船、40 隻は小型高速船とフェリー、45 隻はその他の船種であった。

Damen は、通常、標準船型の小型船の船体を中国、ベトナム等アジアの低コスト国で建造し、オランダに輸送してストックし、顧客への引渡しを迅速化している。基本船型は、顧客の要望や特定のオペレーションに応じた変更が可能である。

Damen は、標準船型とモジュール建造の利点を以下のように考えている。

- 顧客要求への迅速な対応が可能
- 投機的建造と在庫確保による引渡し時間の短縮
- 造船所には競争力のある建造コスト、かつ顧客には競争力のある船価を実現
- 低メンテナンスコスト
- オペレーターに船舶、乗員、スペアパーツ、機器の互換性を提供
- 保証されたパフォーマンス
- 売船価格の高さ
- 製品の絶え間ない進化

近年、Damen は LNG 二元燃料 (DF) 船、完全電気推進船、ハイブリッド船の開発、製造を開始している。2018 年 7 月、同社は、オランダ企業 **Skoon Energy** と船用動力の「持続性のあるソリューション」開発に関する提携に合意した。その目的は、完全電気推進船向けの動力ソリューションの開発である。**Skoon Energy** は、交換可能なバッテリーパック「**Skoonbox**」を開発し、2018 年後半には欧州のディーゼル電気推進内陸水路船で実船実験が予定されている。

Damen グループは、船舶の製造、設計、修繕、改造以外にも、メンテナンス、スペアパーツ配送、トレーニング等のサービスを提供している。さらに、グループ企業は、ラダー、プロペラノズル、アンカー、アンカーチェーン、鋼製部品等多様な船用部品及び機器の製造を行っている。

Damen グループは、造船所、修繕所、船用メーカー、船用設計企業等オランダに 53 社、及び海外 20 か国に拠点を持つ。海外拠点ネットワークは、35 か所のヤードを有し、うち 23 か所は建造所である。Damen グループのヤード 35 か所のうち、15 か所はオランダ、20 か所は海外に展開している。

提供船型の多様化、複雑化に伴い、Damen は、エンジニアリング拠点、造船拠点、サプライヤーの協力関係を合理化するために、オペレーションのデジタル化を進めている。また、デジタル技術の活用により製品群の管理を効率化し、顧客要求への対応を迅速化する。2017 年には、フランス Dassault Systemes の「3DEXPERIENCE」ソフトウェアプラットフォームを採用し、全ビジネス分野においてオペレーション、プロジェクト計画と要求、規制に関する統一したデジタル環境を構築した。3DEXPERIENCE の 4 つのソフトウェアパッケージ「Designed for Sea」、「Winning Bid for Sea」、「Optimized Production for Sea」、「On Time for Sea」は、販売、営業、設計、エンジニアリング、製造、サービス分野のデジタル環境を統合する。

IHC Group

IHC Group は、浚渫船、オフショア船、オフショア採掘船と関連浚渫技術、船用製品の開発と製造分野における有力企業である。近年、同グループは、造船部門の縮小と海外展開の拡大を行い、「造船・技術企業」から「統合ソリューション提供企業」への転換を進めてきた。

過去 2 年間、IHC は、造船と製造活動への依存度を低くするための投資を行っている。オランダ拠点における大型高度浚渫船の建造を減少させ、中国その他の造船所における IHC 設計船の建造比率を高めている。

2017 年には、IHC は、ブラジルのロボット工学及びオフショアサービス企業の 50%株式を取得、また、アジアと南米に新拠点を開設し、国際ネットワークを拡大した。2018 年 6 月には、台湾の Ship and Ocean Industries R&D Center (SOIC) と、アジアの洋上風力発電向け機器と船舶の設計製造に関する提携に合意した。

2017 年の IHC の研究開発投資は、売上の 3%である。同グループは研究開発投資において、オランダの上位 15 社の一つであり、200 人の研究開発専門職を有する。オランダ国内の研究所 IHC MTI は、浚渫、採掘、オフショア技術の専門研究所である。

4-g ノルウェー

ノルウェーの造船業は、最近、世界初の完全電気推進自律航行コンテナ船を受注し、その名声を高めた。ノルウェーの肥料メーカー Yara International が VARD Group に発注した 120TEU 型コンテナ船「Yara Birkeland」は、完全にバッテリーのみで駆動される。同船の開発プロジェクトは全てノルウェー企業で固められ、Marin Teknikk が設計、Yara、Vard、Kongsberg Maritime が共同開発、トロンハイムの SINTEF がモデル実験をそれぞれ担当した。

ノルウェー沿岸の短距離航路で貨物を遠洋コンテナ船に輸送する「Yara Birkeland」は、Yara の国際ロジスティックチェーン内の重要な沿岸輸送リンクとなる。同船は、ディーゼル燃料の道路輸送を年間 40,000 回分削減し、NOx 及び CO₂ 排出量を削減する。同船の全長は 80m で、出力 7.5~9 MWh のバッテリーパックにより駆動される。

「Yara Birkeland」は、ノルウェー西部 Vard Brevik 造船所から 2020 年初頭の引渡しが見込まれている。船体は、ルーマニアの Vard Braila で建造される。計画では、同船は、2022 年までに有人運航から段階的に自律航行に移行する。まず、Herøya にある Yara の肥料製造工場に船舶運航センターを設置する。安全運航を保証するために他 2 か所の運航センターの設立も計画されている。

造船契約価格は、約 2 億 5,000 万ノルウェークローネ (NOK) (3,000 万ドル) である。うちノルウェー政府が、環境に優しいエネルギー製造と利用を促進する国家機関 ENOVA を通じて 1 億 3,260 万 NOK を拠出している。

Vard Group

ノルウェーに本社を置く Vard Group の過半数所有権は、現在、イタリア造船グループ Fincantieri が保有している。Vard は 9 か所の造船所を持ち、うち 5 か所はノルウェー国内にある。2018 年 7 月、Vard は、ドイツ Hapag-Lloyd Cruises と乗客数僅か 230 人の 16,000GT 型豪華クルーズ船の新造契約を締結し、探検クルーズ船市場に進出した。同クルーズ船の船体は、Vard のルーマニア造船所の一つで建造された後、ノルウェーに曳航され、ノルウェー西部の Vard Langsten 造船所で艤装が行われる。

ノルウェー西部の造船業は、近年のオフショア支援船需要の減少に打撃を受けたが、ノルウェーの環境規制に対応する、更に小型で複雑又は革新的なフェリーの建造は好調である。ノルウェー造船業の強みは、船内機器・技術、船用エンジン、推進システム等幅広い技術を持つ海事クラスターの存在である。

Ulstein Verft

同族企業である Ulstein Verft は、ノルウェー西部の造船業と海事クラスターの革新力を代表する企業である。同社は、オフショア市場向け製品群を拡大すると同時に、ハイブリッド ROPAX フェリーや極海クルーズ船の受注も獲得している。

造船以外にも Ulstein は、船舶設計、技術、動力・制御システム、船舶所有等の専門企業を傘下に持つ。2005 年に発表された Ulstein の X-BOW 船型は、同社の設計と製品の新たなアイデンティティとなった。同社は、中国の新造極海クルーズ船 4 隻の設計と機器パッケージを受注し、探検クルーズ市場に進出した。続いて、アドベンチャークルーズ船社 Lindblad 向けの極海クルーズ船 1 隻の建造を受注し、この新市場における実績を確かなものとした。

DNV GL

船級協会 DNV GL は、海事企業数社とともに、造船工程の複雑性の軽減を目指し、ケミカルタンカーとプロダクトタンカーの隔壁構造の簡略化に関する共同研究を行った。隔壁の波形接続部を簡略化する新設計では、「ヒンジ付き」端部を持つ波形隔壁を開発した。The new arrangements to simplify bulkhead corrugation joints involve corrugations with “hinged” ends.その目的は、部品数の削減と関連する溶接作業を少なくすることである。

このソリューションには、波形隔壁の端に角度 45 度の傾斜板を用いる。これにより、一つの溶接された継ぎ目、又は「ヒンジ」が水平力を周辺構造に移動させる。ヒンジ付き端部を持つ波形隔壁は、これまで高温貨物（アスファルト等）を輸送するタンカーの外部タンク隔壁に利用され、正常に作動していた。

現在 DNV GL は、ヒンジ付き波形隔壁の採用を造船所、設計者、船主とともに検討しており、開発プロジェクトも計画中である。

4-h ポーランド

ポーランドは、かつては欧州をリードする大型商船建造国であったが、現在は主に西欧造船所の下請けと船体建造、及び小型船の建造を行っている。大型造船所のいくつかは、中央計画経済から自由経済への移行期に経営破綻した。また、EU がそれまでの莫大な国家補助の返済を命じたことから、移行期の問題は更に深刻化した。

近年では、多数の中小企業を持つポーランドの造船産業は、他の欧州造船所の下請けとしての活路を見出している。主要造船所は **Remontowa Shipbuilding** で、同社は、修繕、改造ビジネスにおいて高い技術力と実績を持つ。

2018 年 6 月、ワルシャワ戦略的イニシアティブ研究所 (**Warsaw Institute for Strategic Initiatives**) は、「ポーランド造船産業—セキュリティと経済発展の間で」と題された会議を開催した。ポーランド首相は、造船業はポーランド経済の「フライホイール」の一つであると述べている。ポーランド造船業が市場でメインプレーヤーとなるには 10~20 年掛かるかもしれないが、政府は長期的計画によって正しい方向に導くべきであるとし、長年の負の遺産の連鎖を断ち切る抜本的改革が必要である、と述べている。

ポーランド政府は、造船産業の強化計画を策定中である。計画には、産業の再編成と海事開発基金の設立が盛り込まれる予定である。

2018 年半ばには、大型漁船建造のスペシャリストであるデンマーク造船所 **Karstensen Shipyard** が、ポーランド造船業への大型投資を発表した。**Karstensen** は、グディニヤの **Vistal Offshore** の近代的な建造設備を 2018 年 7 月 1 日から 3 年間リースする。**Karstensen** は、2013 年に建造されたグディニヤの設備を用いて船体を建造した後、船体をデンマークのスカージェン (**Skagen**) に曳航して艀装を完成させる。

4-i スペイン

スペインの造船業は、あらゆるタイプの遠洋漁船及び沿岸漁船、タグボート、オフショア船、フェリー、調査船その他の特殊船の建造に強みを持っている。

特にスペイン北西部のガリシア地方は、造船所、船用メーカー、艀装メーカー、設計企業を含む発達した海事クラスターを持ち、クラスター全体では約 15,000 人を雇用している。ガリシア地方はスペインの造船量の約 60%を担っており、地方政府は振興策や補助制度により海事産業を支援している。

過去 10 年間に、大型及び中型商船の建造量は減少し、現在、この分野ではスペインの新造受注はごく僅かである。現時点における例外は、カディス近郊のプエルト・レアルに位置する Navantia 造船所によるスペイン船主向けスエズマックス型原油タンカー（149,000DWT）4 隻の新造受注である。2 隻は 2018 年中、残りの 2 隻は 2019 年の引渡しが予定されている。

国営造船所 Navantia は、艦艇建造分野でも活発な活動を行っている。スペイン国内における建造に加え、Navantia の設計と技術は、ノルウェー、南米、オーストラリアの艦艇建造プログラムにも利用されている。

海事産業とガリシア地方政府が促進する「シップビルディング 4.0」フォーラムの一環として、共同研究開発ユニット「UMI」が設立され、「インダストリー4.0」モデルを造船所向けの「次世代造船所」又は「造船 4.0」コンセプトとして開発する試みが始動した。UMI は、Navantia のア・コルーニャ大学の合弁組織で、フェロルの技術研究センター内に位置している。

Navantia は、「インダストリー4.0」モデルを「シップヤード 4.0」イニシアティブとして採用し、現在、スペイン海軍の F110 級フリゲート艦建造プログラムの技術に応用している。

Navantia の「シップヤード 4.0」モデルの主な要素は以下のとおりである。

- バーチャルリアリティ（VR）：建造前に「デジタルツイン」又は「シップ 0」の開発を可能にする。
- バーチャルモデリング：事前に船内システムのコンフィギュレーションを最適化し、建造工程のシミュレーションを行う。「デジタルツイン」又は「シップ 0」は、「シップヤード 4.0」コンセプトの基礎となる。「シップヤード 4.0」コンセプトは、バーチャルワークステーション上での新製品、新工程の船舶のライフサイクルを通じたシミュレーションを可能にする。
- 製造機械のデジタル化：情報システムの垂直統合、及び機械類のエネルギー消費量とメンテナンスの最適化を可能にする。
- 協調ロボット工学：多様なタスクを自動化し、人とロボットの共同作業を可能にする。
- 3D プリンティング技術：3D モデルから複雑な部品を製造する。
- データマイニング：「シップヤード 4.0」の垂直及び水平統合により作成された大量のデータ（ビッグデータ）から必要なデータを取り出す。
- IoT（Internet of Things）：分散したサプライチェーンを含む「シップヤード 4.0」の関係者を接続する。また、造船所間（スペイン国内の Navantia の造船所と同社が契約している海外造船所）を接続する。
- 安全性の高いクラウド技術：情報保管、処理、交換に関する境界と障害を排除する。

- サイバーセキュリティ：データ保護を徹底する。

カディスに開設予定の先進製造センターでは、以下のような技術の研究開発を行う計画である。

- 3Dプリンティング
- 限られたスペースで作動するモバイルロボット
- ハイブリッドレーザー溶接
- 寸法管理と検査用無人車両
- 造船工程とロジスティックスのモデリングとシミュレーション
- ラピッド・プロトタイピングシステム
- サプライチェーンへの技術移転用の試作機

デジタル技術の可能性を実現し、「シップヤード 4.0」コンセプトを活用することにより、Navantia は、造船設備の近代化を進めている。

Navantia は、フェロル造船所の再建と改造の計画を、「シップヤード 4.0」のコンセプトをスペイン海軍の F110 級フリゲート艦建造プログラムに適用することを目的に進めている。計画では、造船用の新乾ドックを建設し、また、造船所内の移動距離を短縮し、資材の流れを最適化するために乾ドック横に新設備（製造、配管、HVAC 設備等）を設置する。これにより、全造船工程に必要な敷地面積は、現行の施設の半分に削減される。

4-j トルコ

トルコの政治・経済情勢は、この2年間不安定化している。トルコのビジネス界は今後の情勢が安定し、投資と経済成長が拡大することを期待している。トルコの海事産業は、輸出志向が強く、国内情勢による影響は他の産業よりも少ない。船社と造船所は引き続き投資を行っている。

トルコの造船業は、小型船、特に小型タンカー、ケミカル、アスファルト等を輸送する特殊タンカー、小型フェリー、コンテナ船等の建造において国際競争力を持つ。また、タグボート建造市場でも世界有数の造船国である。

トルコ造船業の特長の一つは、海運業との密接な協力関係で、造船所の多くは船主が所有している。もう一つの特長は、造船所による修繕ビジネスである。多くのヤードでは、新造船建造に対する修繕の比率が高まっている。

トルコ海運会議所によると、トルコの造船所数は2002年以来倍増している。2018年4月現在、78ヤードが操業しており、引き続き造船業の近代化と造船・修繕設備の拡張に多大な投資がなされている。

99隻、100万DWT近くの新造船が建造された2008年の造船ピークの後、新造船の建造は減少し、2016年、2017年の年間建造量は100,000~120,000DWTに止まっている。2017年の新造船竣工数は20隻余りである。

建造量は比較的少ないが、新造船建造はフェリー、漁船等を含む高付加価値の特殊小型船が主流となっている。2018年4月現在のトルコ造船所の新造商船受注残は43隻である。これに加え、艦艇の新規受注も好調で、艦艇建造市場における実績と急成長は、トルコ造船業が更に高技術、高付加価値の造船市場においてその地位を確立するための追い風となっている。

トルコ造船業の建造能力は、年間450万DWTと推定されており、現在の建造活動はその能力を大幅に下回っている。

トルコの造船所は、造船活動を継続するために、事業の多角化、多様化を目指している。いくつかの造船所は、オフショアサービス船や大型ヨットの建造に参入し、また、小型フェリー（ノルウェー向け「ハイブリッド」バッテリー／ガス燃料のフィヨルドフェリーを含む）やタグボート等の輸出船建造を開始した造船所もある。造船所のいくつかは修繕業に専念しており、トルコの修繕業は欧州有数となっている。トルコの造船・修繕能力において修繕活動の占める割合は、10年前の30%から現在は50%に拡大している。以前は新造船建造を中心に行っていたが、現在はほぼ修繕専門となっている造船所もある。

2017年、トルコの造船所は、1,400隻、2,150万DWTの修繕を受注した。2016年の修繕受注量は、1,300隻、2,100万DWTであった。受注の大部分は海外船社からのものである。

2018年半ばには、Tersan Shipyardがアフラマックス型タンカーに利用可能な浮きドックの建設を開始した。これは、トルコ最大の浮きドックとなる。トルコの造船所は、全体で30基の浮きドック、10基の乾ドックを持つ。また、Tersanは、自社内にトルコ科学産業技術省公認の研究開発センターを設立した。このような研究開発センターは、トルコ国内で2か所目となる。

タグボートの国際造船市場で地位を確立した造船所としては、Sanmar Shipyardがある。Sanmarは、カナダの船舶設計企業Robert Allan Limited (RAL)と提携し、実績のあるRAL船型のタグボートのシリーズ建造を主に輸出市場向けに行っている。また、Sanmarは、

Caterpillar Marine Systems との協力を合意し、Caterpillar が最近開発した特許製品である油圧ハイブリッド推進システム「Advanced Variable Drive」(AVD) を新設計のタグボートに採用している。

この AVD ソリューションは、完全統合されたハイドロメカニカル推進システムで、船舶のパフォーマンスと燃料効率を向上させる。このシステムは、小型化と低コスト化を実現する同時に、可変速ディーゼル電気動力・推進プランの全ての利点を提供するとされている。

欧州船用工業の技術開発動向

第5章 推進システム、船用機器、船用関連技術における欧州共同研究開発プロジェクト

5-1 EU フレームワーク・プログラム内の研究開発プロジェクトの動向

はじめに：次期プログラム「Horizon Europe」

欧州連合（EU）欧州委員会は、現行の研究開発イノベーションプログラムである「Horizon 2020」の後続プログラムとなる助成金 1,000 億ユーロ（1,137 億ドル）規模の次期プログラムに関する提案を発表した。次期 EU プログラムの名称は「Horizon Europe」で、事実上の第 9 次フレームワーク・プログラムとなる。「Horizon Europe」は、EU の次期 7 年予算である 2021～2027 年期の「Multi-Annual Financial Framework (MAFF)」内で実施される。

「Horizon Europe」は、三つの柱となる①オープンサイエンス、②グローバルチャレンジと産業競争力、③オープンイノベーションの分野で構成される。最も大きな予算は、第二の柱である「グローバルチャレンジと産業競争力」及びそれを構成する 5 クラスターに配分される予定である。海事セクター向けの予算は、「気候、エネルギー、モビリティ」クラスターに含まれる。

欧州の造船業・船用工業を代表する業界団体である SEA Europe は、欧州委員会の研究開発予算の増加と、海事セクターが「気候、エネルギー、モビリティ」クラスターに含まれることを歓迎している。このアプローチは、気候変動、海運及びロジスティックスのデジタル化、持続性のある海洋利用等海事セクターが直面する多くのグローバルな社会的課題を事実として認識したものであると、SEA Europe は述べている。

一方、船用エンジニアリングと船用メーカーを含むドイツ機械工業会 VDMA は、「Horizon Europe」の構成に関する懸念を表明している。VDMA は、多くの主要技術分野における欧州リーダーシップは、その高度で専門的な研究開発の賜物であり、欧州が産業研究開発を希薄なものにすることは、将来的な欧州の技術的卓越性へのリスクとなる、と述べている。

VDMA は、欧州委員会の計画は、前競争的な段階における研究開発が減少しており、そのため、機械工業メーカーの助成金獲得が難しくなる可能性を危惧している。中小企業が個別に主要技術を開発することは困難であるため、欧州の最良企業、研究機関、大学との連携が不可欠であることを VDMA は強調している。

VDMA は、市場イノベーションのために大企業単体への支援を増加させるという計画は、欧州の付加価値創造には繋がらず、これは、EU プログラムからではなく、各国政府や民間投資家による資金で行われるべきであるとしている。また、VDMA は、中国政府は公的資金の産業研究開発への公的資金の投入を増加させていると警告を発している。

一方、2019 年上半期に募集される「Horizon Europe」のテーマは以下のとおりである。

- ①沿岸部及び港湾における大気汚染低減のためのレトロフィット技術と次世代推進技術
- ②貨物の水上輸送：持続性のあるインフラと革新的な船舶
- ③船舶からの排出抑制シナリオ—環境への影響と低減策
- ④ゼロ排出の水上輸送を目指した研究開発とイノベーションの組織化

5-1-a. FALCON (Fuel and chemicals from lignin through enzymatic and chemical conversion : 酵素と化学変換によるリグニンからの燃料と化学物質)

産業廃棄物であるリグニンを低硫黄船用燃料その他の製品に変換することを目的とした FALCON プロジェクトは、EU の「Horizon 2020」プログラム内の助成プロジェクトである。

2 ストローク船用エンジン設計・ライセンス企業 Winterthur Gas & Diesel (WinGD) が主導するプロジェクトの名称は、「Fuel and chemicals from lignin through enzymatic and chemical conversion」(酵素と化学変換によるリグニンからの燃料と化学物質)の頭文字をとった略称である。プロジェクトの目的は、第二世代バイオ燃料工場からのリグニンを多く含む産業廃棄物の蒸気を、環境性の高い船用燃料及び燃料添加物や化学原料油等の高価値製品に変換することである。

2017 年 1 月に開始された FALCON プロジェクトは、2020 年 12 月 31 日に完了の予定である。プロジェクトには、フランス石油メジャー Total 及びスイスを本拠とする WinGD に加え、バイオ燃料企業や大学が多く参加している。

EU は、プロジェクト総予算 650 万ユーロ(740 万ドル)の 94%に相当する 610 万ユーロ(690 万ドル)を拠出している。EU 助成金はプロジェクト参加企業・組織に配分されるが、スイスの WinGD は自己資金で参加している。プロジェクトのコーディネーターは、オランダ・ユトレヒトの菌類学研究所 Westerdijk Fungal Biodiversity Institute (KNAW) が担当している。

現在、リグニン廃棄物の大部分は、バイオ燃料製造工業の熱又は発電のために燃焼されている。しかしながら、リグニン廃棄物の量は増加しており、2050 年には 2 億トンに達すると予測されている。このため、リグニンを高付加価値のバイオ製品に変換する新技術の開発が必要となっている。

FALCON プロジェクトは、菌類、バクテリアの酵素を他の革新的技術と組み合わせ、リグニン廃棄物を油に変換し、それを船用燃料、燃料添加物、化学原料油に再変換する。

WinGD が主導する作業グループは、リグニンから製造される燃料油が船用エンジン油に適合するための、粘性、発熱量、セタン価、引火点等の重要特性に関する技術仕様を作成した。

第二世代バイオエタノール工場のリグニンから製造される燃料は、硫黄分を殆ど含まない。このため、IMO が指定する SO_x 排出規制海域 (SECA) における低硫黄分軽油、又はその他海域における低硫黄重油 (LSHFO) の代替燃料として競争力を持つと考えられている。

5-1-b. HERCULES-2 エンジン技術開発プロジェクト

エンジン技術開発プロジェクト「HERCULES-2」の完了に伴う最終会合は、2018 年 10 月にハンブルクで開催された。プロジェクトの結果が発表され、「Hercules の成果」*、「船用エンジンの未来」**というテーマでパネルディスカッションが行われた。

EU の「Horizon 2020」プログラム内の助成プロジェクトである HERCULES-2 プロジェクトは、2004～2014 年期中に実施された 3 プロジェクトである「Hercules-A」、「Hercules-B」、「Hercules-C」の後続プロジェクトとして、3 年半の予定で 2015 年 5 月に開始された。

HERCULES-2 の主な目標は以下のとおりであった。

- 燃料の柔軟性向上
- 高温運转向けの新材料の開発
- エンジンのライフタイムパフォーマンスを向上させる適応制御技術の開発
- 限りなくゼロに近い排出の実現

上記の目標達成のため、プロジェクトは以下の作業パッケージ（WP）に分かれて研究開発活動を行った。

WP1：燃料柔軟性を向上させるシステム

WP2：多元燃料燃焼

WP3：船用エンジン向け金属間化合物及び先進材料

WP4：エンジン効率化への新材料

WP5：ライフタイムパフォーマンス制御

WP6：モデルベースの制御及び運転最適化

WP7：エンジン搭載型排ガス後処理システム

WP8：統合型選択触媒還元（SCR）及びSCRとディーゼル微粒子捕集フィルター（DPF）の統合

研究開発活動の焦点は以下のとおりである。

- 燃料柔軟性の高いエンジン：蒸発燃料（ディーゼル、ジメチルエーテル（DME）、プロパン）のラージエディシミュレーション（Large Eddy Simulation：LES）、2ストローク船用エンジンの二元燃料（DF）燃焼過程の計算流体力学（CFD）研究
- 燃料柔軟性の高いエンジン：2ストロークDFエンジンの燃焼室内の燃料噴射、着火、火炎伝搬のトリプルカメラ高速映像
- 新材料：熱機械疲労（TMF）研究のための試験台設置、シリンダーヘッド、タービンケーシング用の新材料の研究、鋳造のシミュレーションとコンピューター断層撮影（CT）技術を用いた非破壊試験（NDT）
- ほぼゼロ排出のエンジン：SCRの尿素分解の研究用の高温ガス試験リグ、異なる運転条件における尿素噴射挙動のシミュレーション、尿素混合、蒸発の研究用のミニSCRシステム、ディーゼル酸化触媒（DOC）とSCRコーティングのディーゼル微粒子捕集フィルター（DPF）を統合した原寸大の排ガス後処理システム
- ほぼゼロ排出のエンジン：エンジン統合型高圧SCRシステム、統合型SCR内の排ガスのフロー、2ストローク4シリンダーディーゼルエンジン搭載の統合型SCRシステムの試験
- ほぼゼロ排出のエンジン：2ストロークエンジンの排ガスマニホールド内への触媒試験装置の設置

HERCULES-2プロジェクトの総予算2,500万ユーロ（2,840万ドル）のうち、1680万ユーロ（1,910万ドル）をEUが拠出している。67%というEU助成比率は、HECULES-A、-B、-Cの各プロジェクトよりも高い。HERCULES-2プロジェクトは、MAN Diesel & Turbo（現MAN Energy Solutions）、Wärtsilä Corporation、Winterthur Gas & Diesel（WinGD）が主導し、EU 10か国及びスイスから35企業・組織が参加した。

*「HERCULESの成果」：HERCULES-2プロジェクトの最終会合におけるパネルディスカッションでは、主な成果として以下の項目が特定された。

- インテリジェントエンジン制御（部分負荷時の改善された動的挙動と排ガス削減に関する予測モデルベースのエンジン制御を含む）
- 排ガス後処理（船用ディーゼルエンジンのNO_x及びPM排出量を最低限に抑えるSCRコーティングのディーゼル微粒子捕集フィルター（SDPF）技術を用いたシステムの開発とプロトタイプ試験を含む）

**「船用エンジンの未来」：パネルディスカッションでは、以下のような意見と結論が発表された。

- 短距離航行時にはエレクトリックドライブが有効。
- PTO/PTI（power take-off/power take-in）は、2ストロークエンジン向けの現実的なハイブリッドソリューションである。

- 2 ストロークエンジンは、将来的な代替燃料を含む多様な燃料油が使用可能な「雑食性」エンジンである。
- 代替燃料又は新燃料は、既存の燃料供給チェーンを用いて供給された場合には普及率が高まる。
- 代替燃料の普及は、今後の規制環境に大きく影響される。
- 顧客（船主、船社）は、規制水準を満たすことの出来る最も安価な燃料を採用する。
- 船員のトレーニングは、技術進歩の迅速なペースに合わせなくてはならない。
- コスト最適化と排出基準を満たす改善されたコンディションベースのメンテナンスには、「インテリジェント」な部品及び技術が必要である。

5-1-c. HySeas III

「HySeas III」プロジェクトの目的は、スコットランド北沖のオークニー諸島に就航する再生可能エネルギーを動力源とする水素燃料電池駆動フェリーのプロトタイプを開発することである。これは、再生可能エネルギーのみで製造された水素で駆動する世界初のゼロ排出フェリーとなる。

EU は、「Horizon 2020」プログラムからプロジェクト総予算 1,258 万ユーロ（1,430 万ドル）の 74%に相当する 928 万ユーロ（1,960 万ドル）を拠出している。水素燃料電池による発電設備を持つ小型旅客車両フェリーは、スコットランド政府との共同出資により建造され、通常運航中に試験を行う。

2018 年 7 月 1 日に開始された同プロジェクトは、EU 助成金を共同申請したセントアンドリュース大学とグラスゴー湾の造船所 **Ferguson Marine** が主導する。ハイブリッドフェリーの建造実績を持つ **Ferguson Marine** には、プロジェクト予算から 264 万ユーロ（300 万ドル）が配分されている。

プロジェクト参加企業の一つであるカナダ **Ballard Power** のデンマーク子会社 **Ballard Power Systems Europe** が、水素燃料電池モジュールを提供する。同社は 267 万ユーロ（約 300 万ドル）、また、ノルウェーの船用システムメーカー **Kongsberg Maritime** は 209 万ユーロ（240 万ドル）の予算がそれぞれ配分されている。

残りの予算は、セントアンドリュース大学の他、オークニー諸島自治体、研究機関 **DLR**（ドイツ航空センター）、フランス水素エネルギー企業 **McPhy**、業界団体 **Interferry** に配分されている。

「HySeas III」プロジェクトの主目的は、ゼロ排出の船用動力概念の開発と実証であるが、現地調達された再生可能エネルギー源を用いた水素燃料の現地製造に関する革新的な「サーキュラー」モデルの実証も焦点の一つとなっている。このモデルは、欧州全域の沿岸部及び島部の経済に適用可能な新たなビジネスモデルとなると考えられている。

プロジェクトは、ドライブトレイン一式の開発と製造、既存船からのリアルな状況データに基づくストレスと耐性の試験、フェリー設計への技術統合、オークニー諸島の島間サービスにおけるパフォーマンスのモニタリング等の 7 つの作業パッケージに分かれている。さらに、新技術の迅速な普及に焦点を当てた作業パッケージを実施する。

プロトタイプ船は、オークニー諸島内の公的サービスとして運航される。オークニーでは、既に再生可能エネルギーから大量の水素を製造しているが、再生可能エネルギーの供給が需要を上回っている。同船の引渡しは 2020 年を予定している。この新造船のための水素補給設備は、オークニー諸島の中心地カークウォールに建設される予定である。

5-1-d. PROMINENT 内陸水路運輸

3年の実施期間を経て2018年4月に完了したPROMINENTプロジェクトは、欧州の内陸水路運輸セクター向けの比較的安価かつ安全な「グリーン」代替エネルギー概念に関する研究開発を行った。

同プロジェクトには、総予算657万ユーロ（750万ドル）のうち、EUが625万ユーロ（710万ドル）を「Horizon 2020」プログラムから拠出し、EU 5か国（オーストリア、ベルギー、ドイツ、オランダ、ルーマニア）から17企業・組織が参加した。開発された革新的なソリューションは、欧州内の内陸水路船18,000隻の75%に利用可能で、30%の省エネを実現すると予想されている

5-1-e. TrAM（Transport: Advanced and Modular：先進的なモジュラー型の交通）

「TrAM」プロジェクトは、2018年に助成金を獲得したEUの「Horizon 2020」プログラム内のプロジェクトで、沿岸、河川、内陸水路サービス向けのゼロ排出のバッテリー／電気駆動高速輸送船の開発を目的としている。当初の主目標は、ノルウェー西部スタバングルとHommersåk間のフィヨルド航路に投入されるフルスケールのシャトルフェリーの建造と実証である。

この国際研究開発プロジェクトは、ノルウェーのローガラン県政府とノルウェー西部の海事クラスターNCE Maritime CleanTechが主導し、「Horizon 2020」プログラム内のプロジェクトとしては最大級規模のEU助成金1,170万ユーロ（1,230万ドル）を獲得している。さらに、ノルウェー・リサーチカウンスルと研究開発基金局Innovation Norwayも財政援助を行っている。

「TrAM」プロジェクトは、ゼロ排出船に関するノルウェーのノウハウを向上させ、世界の都市部及び内陸水路への環境に優しい水上交通の技術的及び環境面における基準を提供することを目的としている。スタバングル海域の実証船に加え、プロジェクトではロンドンのテムズ川のシャトルフェリー及びベルギーの内陸貨物船として同船型を運航させる研究を行う。

プロジェクトには、ノルウェー海事クラスターNCE Maritime CleanTechの全会員企業、すなわちServogear、Wärtsilä Norway、Hydro Extrusions Norway、Valide、Kolumbus、アルミニウムメーカーLeirvik、アルミニウム船建造所Fjellstrandが参加している。ノルウェー以外の参加企業・組織は、シャトルフェリー運航企業MBNA Thames Clippers（英国）、ストラスクライド大学（英国）、Wärtsilä Holland（オランダ）、Fraunhofer IEM（ドイツ）、HSVAハンブルク試験水槽（ドイツ）、Waterwegen & Zeekanal（ドイツ）である。

プロジェクトは2018年春に開始され、実施期間は4年間である。プロジェクトコーディネーターは、スタバングルの交通サービスの認可組織で、地域の温室効果ガス削減を進めるローガラン県政府である。ローガラン県政府は、旅客定員150人、速力23ノットのカタマラン型の実証船建造に500万ノルウェークローネ（60万ドル）を拠出する。同船は、ノルウェー西部Fjellstrand造船所のOmastrandヤードで建造される。

プロジェクトでは、通常の建造コスト25%減、エンジニアリングコスト70%減を実現する新たな建造手法を採用すると同時に、ゼロ排出の実現を目指す。これには、自動車産業と航空機産業の技術を利用したモジュラー設計と建造手法を用いる。HSVAが、船体設計と推進システムの数値的最適化を担当する。

NCE Maritime CleanTechの共同産業パートナーシップは、既に「アーバンウォーターシャトル」と呼ばれる速力20ノットのゼロ排出旅客フェリーの概念を開発している。

5-2. その他の欧州国際技術開発プロジェクトの動向

5-2-a. ACCEL バージ (Accelerated Electrification of Inland Waterways : 内陸水路の電化促進)

EU は、欧州北西部の内陸水路におけるコンテナ輸送向けの革新的な完全電化バージの開発プロジェクトに約 600 万ユーロ (680 万ドル) を拠出している。開発されるバージ「E-PortLiner」は、バッテリーで駆動される。

同バージと「E-Powerbox」と呼ばれるコンテナ型バッテリーシステムは、実業家 Ton van Meegen が設立したオランダ企業 Port-Liner Holding が開発した概念である。計画されている 2 サイズのモジュラー設計のバージのうち、大型バージは全長 110m、コンテナ積載量は約 200TEU である。

E-Powerbox は、20 フィートのモジュールで、バースにおけるケーブルによる充電又は完全充電済みのユニットとの交換が容易な設計となっている。また、高い衝撃耐性を持ち、振動がなく、アクセスが容易である。このコンテナ型動力パックは、1.6~2.0MW の推進力を提供する。110m バージは、4 基の E-Powerbox を搭載し、総出力は最大 8.0MW である。

EU の「Connecting Europe Facility」(CEF) プログラムが、バージの動力ユニットの設計、開発、製造向けに助成金を認可しており、この助成金は E-Powerbox の初回シリーズとなる 49 ユニットの製造をカバーする。

EU によるプロジェクト支援の決定は、プロジェクトのゼロ排出目標と新技術の欧州内陸水路交通への普及の可能性を認めたものである。

5-2-b. 先進船用製造技術

2018 年 5 月、フランスと豪州の研究機関は、船用推進機器の設計と製造への先進技術の利用促進に関する共同研究を開始した。

フランスの研究機関 Centrale Nantes と豪州のフィンダース大学の 2 学部 (ナノ化学・技術研究所、海事工学・制御・画像センター) が協働し、付加製造 (AM) と船舶の流体力学という主要課題に焦点を当てた研究を行う。

最初の作業は、ナノコンポジット技術をプロペラ製造に利用することにより、ブレードの強度を高め、騒音と腐食を軽減し、現行の鋳造工程と比較して製造コストを削減することである。

また、同プロジェクトは、試験モデルを開発し、運転中のパフォーマンスと構造的強度を監視するセンサーを内蔵した「スマート」な複合材製造に関するフィージビリティ研究を行う。

研究開発チームは、金属ポリマー複合材の 3D プリンティングの可能性と課題に関する研究も行う。

5-2-c. CO₂ チャレンジ

2018 年 6 月、スイスの農業ビジネスグループ Cargill の海運部門は、船舶による CO₂ 排出量の 10%削減を可能にする技術の特定、スケーリング、採用に関するプロジェクトを開始した。

このプロジェクトの最大の長期的目標は、海運の脱炭化である。Cargill は、2020 年末までに貨物輸送のトン・マイルにつき CO₂ を 15%削減することを企業戦略としている。

「CO₂ チャレンジ」と題された同プロジェクトは、船級協会 DNV GL 及び起業、共同プロジェクト、イノベーション提携を専門とする企業 Rainmaking と共同で開始された。

プロジェクトは直ちに、製品の商業的評価、試験、投資、スケーリングを必要とするビジネスと企業の参加募集を開始した。募集期限である 2018 年 9 月 17 日までに、風力推進、エンジン最適化、船体空気潤滑、船体最適化、デジタル技術等の分野をカバーする 20 か国から 70 件以上の応募があった。

5-2-d. 環境適応型潤滑油 (EAL) の研究 (ABS)

2018 年 4 月、船級協会 American Bureau of Shipping (ABS) は、船舶の船尾管軸受への環境適応型潤滑油 (EAL) の使用に関する英国パートナーとの共同研究プロジェクトを完了したと発表した。

ABS、Vickers Oil、ロンドン大学インペリアルカレッジの共同研究では、EAL と鉱油ベースの潤滑油の特性の比較評価を行った結果、船尾管軸受への最適な EAL を決定する最大の要因は粘度であることが分かった。

2013 年に発効した米国環境保護庁 (EPA) による規制は、米国領海を航行する商船の鉱油ベース潤滑油に代わる EAL の利用を促進した。一方、2014 年以降、船尾管軸受の故障が増加したことにより、EAL 特性への関心が高まった。

研究結果は、未だ国際的な測定基準のない粘度の選択と圧力・粘度係数に関する理解を深めた。ABS と共同研究パートナーは、鉱油と比較した場合の EAL の特徴を以下のように特定した。

- EAL の粘度は、温度変化に対しては鉱油よりも適している。
- EAL の圧力・粘度係数は鉱油よりも低いため、油膜が薄く、特定条件においては軸受の疲労が増加する可能性がある。
- 圧力・粘度係数を高めることにより、センシティブな軸系アライメントの安全性マージンが高まる可能性がある。
- EAL は、軸系アライメントのマージンが少ないため、軸系アライメントへの特別な配慮が必要となる。
- 高粘度の EAL を使用した場合、低粘度鉱油使用時と比較して疲労耐性が高まる可能性がある。

5-2-e. 環境適応型潤滑油 (EAL) の研究 (DNV GL)

2018 年初頭、船級協会 DNV GL は、海上保険産業と共同で生分解性潤滑油の試験に関する研究開発プロジェクトを開始した。その主な目的は、船舶の船尾管軸受の故障に対する環境適応型潤滑油 (EAL) の影響の試験である。

EAL の詳細な実験室試験は、英国シェフィールド大学のレオナルド試験サービスが DNV GL の監督の下で行っている。同プロジェクトは、海上保険企業・組織 The Swedish Club、Norwegian Hull Club、Gard、Skuld が協力している。

共同プロジェクトの背景となったのは、過去数年間に増加した船尾管軸受の故障原因である。これは、2013 年の米国領海を航行する商船の潤滑油に関する規制の発効と、その後の EAL 利用の増加時期と一致する。しかしながら、故障率の増加は、船尾管軸受の大型化と大型で重量の大きい低回転数 (rpm) プロペラの増加等の推進システムの開発時期とも一致する。

同プロジェクトの研究分野は、油膜の流体力学的形成、異なる負荷及び温度における油膜の厚さ、高せん断速度におけるせん断（shear thinning at high shear rates）である。シェフィールド大学は、高度な非侵襲的超音波技術を開発し、リアルタイムで潤滑油膜の挙動の研究を行っている。

5-2-f. FASTRIG 風力支援推進

英国企業とデンマーク船主は、海洋ばら積み貨物船に帆による推進支援システムを設置し、その可能性を探る共同研究開発プロジェクトを行っている。このプロジェクトは、英国最大級の発電施設であるイングランド北部ドラックス発電所に燃料となるバイオマスを輸入するための海運サービスが研究対象となっている。プロジェクト参加企業・組織は、Drax、Humphreys Yacht Design、Smart Green Shipping Alliance（SGSA）、英国にバイオマスを輸送するバルカー船社 Ultrabulk である。

実施期間 12 か月の同プロジェクトは、2018 年下半期に開始され、Ultrabulk の所有船に「Fastrig」と呼ばれる革新的な帆推進技術の搭載に関するフィージビリティ研究を行う。その目的は炭素排出量とコストの削減である。フィージビリティ研究のコストは 10 万ポンド（125,300 ドル）で、英国 Innovate UK、Institution of Mechanical Engineers（IMEchE）が助成し、また、プロジェクト参加企業・組織も負担する。

ヨークシャー北部のドラックス発電所は、欧州最大級の脱炭計画の中心であり、プラントの 3 分の 2 を石炭からバイオマス（圧縮木質ペレット）の利用に切り替えている。

5-2-g. 燃料電池ベースの船用システム

スウェーデンの燃料電池システム設計製造企業 PowerCell とドイツのエンジニアリンググループ Siemens は、燃料電池ベースの船用駆動・発電システムの共同開発を行っている。燃料電池技術を Siemens の SISHIP BlueDrive 完全船舶システムに統合し、フェリー、クルーズ船、モーターヨット、その他の船種に搭載する計画である。

5-2-h. 「グリーン」な推進システム

2018 年 8 月、欧州の船用技術企業は、LNG 燃料を有効なオプションであると、船主・船社に対してプロモートする共同プロジェクトを開始した。LNG 燃料の船用利用は拡大しており、Winterthur Gas & Diesel（WinGD）、Wärtsilä Corporation、Gaz Transport & Technigaz（GTT）はこの動きを加速したいと考えている。

GTT は、この協力に関し、LNG 燃料の船用利用にはエンジン、燃料タンク、燃料供給制御システムの完全な統合が必要であり、この分野で実績を持つ 3 社が協力することにより、統合過程が最適化され、世界の船主・船社の利益となると述べている。

5-2-i. 液状有機水素キャリア（LOHC）技術

2018 年 9 月、ドイツ企業 H2-Industries と船級協会 Lloyd's Register は、液状有機水素キャリア（Liquid Organic Hydrogen Carrier : LOHC）動力貯蔵技術を用いた完全電化船向けの運航及び安全基準の開発に関する共同プロジェクトを開始すると発表した。プロジェクトでは、船舶への LOHC 補給、船上貯蔵、発電過程等の分野をカバーする。

LOHC エネルギー貯蔵は、水素燃料電池経由で完全電気推進に利用され、多様な船種でゼロ排出を実現する。

LOHC は、油状の有機液体で化学反応により水素を結合し、冷却や圧縮を必要とせず水素貯蔵が可能となり、必要に応じて水素エネルギーをリリースすることが出来る。LOHC 液体からリリースされた水素は、統合燃料電池により電力に変換され、推進用電気モーターに電力を供給する。LOHC は、ディーゼル燃料と同様の方法で貯蔵、輸送が可能で、必要量の水素を必要なときに補給することが出来る。

H2-Industries は、ドイツの造船所 Nobiskrug と共同で、LOHC システムを搭載した初の完全電気モーターヨットの建造プロジェクトを進めている。同ヨットは、航海速力 10 ノット、航続距離 1,000 海里で、補助エネルギー源としてソーラーパネルを搭載する。

5-2-j. 船用リチウムイオン電池

船級協会 DNV GL は、海運産業のリチウムイオン電池の使用に関する理解を深めることを目的とした共同研究開発プロジェクトを立ち上げた。2017 年末に開始された同プロジェクトには欧州北部諸国から 13 企業・組織が参加し、プロジェクトは 2018 年内に終了する予定である。

DNV GL は、ハイブリッド又は完全電気システムの船用バッテリーを使用することにより、船舶のエネルギー効率と信頼性の向上及び運転コスト削減が可能となるとしている。しかしながら、船主その他の関係者の安全性に対する懸念を払拭し、バッテリー技術が市場で受け入れられるためには、更なる知識と製品標準が必要である

プロジェクト完了時までには、プロジェクト参加企業・組織は、自社製品とサービスを最適化するための理解と技術を得ることとなる。また、プロジェクトは製品及びサービスの認証手法の開発に繋がることが期待されている。

プロジェクトの 5 つの主要作業は以下のとおりである。

1. 既存知識に基づく安全性モデルの開発と評価
2. リチウムイオン電池のリスク評価の標準化
3. リチウムイオン電池の安全性試験プログラム
4. リチウムイオン電池の安全性シミュレーションと分析ツールの開発と改良
5. プロジェクト管理、宣伝、製品標準と規制へのインプット

DNV GL 以外のプロジェクト参加企業・組織は、ノルウェー海事局、デンマーク海事局、ノルウェー防衛研究所、バッテリーシステムメーカー Corvus Energy Europe 及び Plan B (PBES)、Rolls-Royce Marine、ABB Group、フェリー船社 Stena Line 及び Scandlines、Damen Shipyards Group、安全性専門企業 FIFI4MARINE 及び Nexceris である。

5-2-k. 小型タンカーの補助電力向けリチウムイオン電池

2018 年、DNV GL は、最大 17,000DWT までの小型タンカーの補助的動力システムとしてのリチウムイオン電池システムの長期的利点に関するプロジェクトも開始した。

プロジェクトでは、運航パターン、運転モード、動力負荷等の基本データを、従来の動力システムを持つ既存船から収集した。既存船 1 隻には、動力負荷をリアルタイムで記録する装置が搭載され、データ収集を行っている。全てのデータは、新たな船舶設計概念の開発に使用された。候補として 4 種類の補助動力システムが特定された。その共通点は、主機と軸発電機のコンフィギュレーションである。

プロジェクトは、バッテリーが超低速力運転時の推進力として使用される場合に加え、バッテリーが多様な目的、すなわち「予備電力」、「ピークシェーピング」、「負荷平準化」として利

用される場合の利点を検証した。

調査対象船の動力需要をベースに、発電機 1 基を排除した場合の電池容量は 400kWh と算出された。

過去 20 年に亘り、調査した全てのハイブリッドコンフィギュレーションは、通常のコンフィギュレーションよりも高いパフォーマンスを示した。

同プロジェクトの DNV GL 以外の参加企業・組織は、電池メーカー SAFT Batteries、船舶設計企業 FKAB Marine Design、石油メジャー Total、船主 Viken Shipping、船舶運航企業 Wallem Shipmanagement である。

5-2-1. PROJECT FORWARD

2013 年、ギリシャ船社 Arista Shipping が自己資金を投入して開始した技術研究開発プロジェクト「Project Forward」は、船用燃料としての LNG の利用を促進することにより、船舶からの有害ガスの排出を削減することを目的としていた。その後、数多くの有名企業が参加した同プロジェクトは、2018 年の完了時に産業賞を受賞した。

Arista Shipping のプロジェクトに参加したのは、船級協会 American Bureau of Shipping (ABS)、船舶設計企業 Deltamarin、LNG 貯蔵専門企業 Gaz Transport & Technigaz (GTT)、Wärtsilä Corporation、Royal Dutch Shell、Wärtsilä のモニタリング専門子会社 Eniram である。2018 年 6 月、「Project Forward」の環境に配慮した技術とプロセスが海事産業の持続性を高めるものであると認められ、「最も持続性のあるプロジェクト」としてマリタイム 2020 サミットアワードを受賞した。

プロジェクト参加企業・組織は、プロジェクト成果を利用して、Arista Shipping の新子会社 Forward Maritime Group 向けに「Forward Ships」と呼ばれる商船のシリーズを開発した。設計された第 1 船は、LNG 燃料の 84,000DWT 型カムサマックスばら積み貨物船である。

「Project Forward」は、LNG 燃料のみで 40 日間の連続航海が可能な LNG 燃料ばら積み貨物船の実現可能な設計概念を開発した。この当時、他の LNG 燃料ばら積み貨物船の設計は短距離の定期航路航海向けであり、LNG 燃料の大型ばら積み貨物船の開発は画期的な進歩であった。最大限の貨物を輸送する設計となっている船体に 40 日分の航海に必要な LNG 燃料 (2,500 m³) を搭載するという同船の基本設計には、技術的課題が多かった。

LNG 燃料貯蔵には、スペース利用の最適化と遠洋航海に必要な燃料の貯蔵が可能なメンブレン型タンクが選ばれた。遠洋ばら積み貨物船としては画期的なもう一つの要素は、二段ターボ過給システムと PTO/PTI システムを搭載した 4 ストローク中速主機の採用である。この推進システムにより、通常は 3 基必要な補機のうちの 1 基が省略できる。搭載される 2 基の補機は、超高効率の Wärtsilä 31DF 型エンジンである。

プロジェクトが開発したばら積み貨物船設計のモデル試験では、そのエネルギー効率設計指標 (EEDI) は厳格なフェーズ III レベルを優に満たしている。(EEDI フェーズ III は、2025 年以降に建造される船舶に適用され、2008 年レベルから 30%の削減を要求する。)

Arista Shipping の Forward Maritime Group は、中国の江蘇揚子江船業と 84,000DWT 型カムサマックスばら積み貨物船 20 隻の建造に関する基本合意を締結した。このシリーズ船は、プロジェクトが開発した「Forward Bulker 84-LNG」設計概念に基づいて建造され、「Forward Ships」というブランドネームで運航される。

この設計はスケーラブルで、船体の大型化又は小型化が可能である。さらに、特許申請中の機関システムと配置を含めた Project Forward 概念と Forward Ships 設計は、タンカーやコンテナ船にも適用可能である。

5-2-m. ProNoVi (Analysis methods and design measures for the reduction of noise and vibration induced by marine propellers : 船用プロペラからの騒音と振動を軽減する解析と設計手法)

2018年6月に開始された「ProNoVi」プロジェクトの目的は、フルスケールのプロペラからの騒音と振動を予測する数値的及び実験的手法の改良である。また、研究チームは、シングルスクリュー及びツインスクリューを持つ様々なサイズ及び速力の船舶からの騒音と振動を軽減するための実際的な提案を行う。

船舶の騒音と振動は、乗客と乗員の快適性に大きく影響し、長期的には乗員の健康へのリスクとなる可能性がある。プロペラのキャビテーションから発生する騒音は、低周波帯域における最大の騒音源である。この騒音は、魚類その他の海洋生物に害を与え、また、低周波及び高周波の騒音は、音響センサーや水中モニタリングシステムに干渉する可能性がある。

「ProNoVi」プロジェクトは、プロペラの水中音響学の複雑で複合的な問題を解明し、乱流、渦度、キャビテーション、音調及び広帯域プロペラ騒音への影響に関するメカニズムの理解を深めることを目的としている。

ノルウェー海洋研究所 SINTEF がコーディネーターを務める同プロジェクトには、ドイツの推進システム企業 Schottel、イタリア及びドイツの大学、ドイツ造船所 Lueresen Werft 等幅広い分野から国際企業・組織が参加している。

「ProNoVi」プロジェクトの実施期間は3年で、総予算は250万ユーロ（280万ドル）である。うち190万ユーロ（220万ドル）を、EU、ノルウェー・リサーチカウンシル、ドイツ連邦経済エネルギー省（BMWi）、イタリア教育大学研究省（MIUR）が拠出している。

5-2-n. ROBOAT プロジェクト

Roboat プロジェクトは、アムステルダム首都圏水域における自律航行船の可能性に関する大規模な研究開発プロジェクトである。この5年間プロジェクトは、都市研究所 Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Studies が主導し、米国マサチューセッツ工科大学（MIT）、オランダのデルフト工科大学及びヴァーヘニンゲン大学が参加している。

Roboat プロジェクトの予算は、2,500万ユーロ（2,840万ドル）で、アムステルダム市、アムステルダム水道会社 Waternet、マサチューセッツ州ボストン市が資金を拠出している。第1号の試作船は2016年にアムステルダム運河で試験が行われ、2018年10月には更なる試験が実施された。

Roboat プロジェクトは、アムステルダムを対象としているが、プロジェクトの成果は世界中の都市部に適応可能である。プロジェクトでは、人と貨物を輸送するだけでなく、ごみ収集等他の作業を行う自律航行船の開発を行い、都市部の道路輸送による騒音、排ガス、道路混雑を軽減する。

Roboat の試作船シリーズは、MIT のコンピューターサイエンス・AI 研究室（CSAIL）が設計し、3D プリンティング製造が行われる。船体は4×2m の長方形で、センサー、マイクロコントローラー、GPS モジュールその他のハードウェアが搭載される。設計は、浮橋やプラットフォーム等他の目的への変更とセルフアセンブリーが容易である。

5-2-o. 「スマート」コンテナ船

欧州と日本の船用技術企業は、ドバイの Zaitoun Green Shipping と協力してコンテナ船の設計と性能を最適化し、市場に新たなビジネスモデルを提供するプロジェクトを開始した。

Zaitoun が主導するプロジェクトには、Wärtsilä、Winterthur Gas & Diesel (WinGD)、Gaz Transport & Technigaz (GTT)、船用企業 MacGregor、プロジェクト管理企業 Carina Solutions、三菱重工マリンマシナリ (MHI-MME) が参加している。

プロジェクトの協力体制は、専門知識の分散を克服し、コンテナ船の新造プロジェクトにベストプラクティスと最良の設計概念を採用することを目的としている。これにより、コンテナ船業界の経済的、環境的パフォーマンスと競争力が向上させる。

プロジェクトの目標は、将来的には、高い効率と安全性を持ち、環境負荷の低い「スマート」な船舶が、最適化されたエネルギーと資源を用いて港湾間を航行するという、Wärtsilä の「スマートマリンエコシステム」ビジョンに沿ったものである。

5-2-p. SUMMETH (Sustainable Marine Methanol : 持続性のある船用メタノール)

2018 年初め、2015 年にスウェーデンで開始されたメタノールの船用利用に関する SUMMETH プロジェクトの研究結果が発表された。プロジェクトは、結論として、改造されたディーゼルエンジンにメタノール燃料を効率的に使用する際の障害はないとし、小型船の改造プロジェクトはコスト効果の高いオプションであると述べている。さらに、安全レベルも現行の要求を満たしている。

SO_x 及び粒子状物質 (PM) の排出が殆どなく、従来の船用燃料又はバイオディーゼルと比較して NO_x 排出量が大幅に低いメタノール燃料に変更することは、直ちに環境への恩恵となる。SUMMETH プロジェクトは、遠洋航海を行う Waterfront Shipping を含む船社 2 社がメタノール DF の採用に繋がった前回の研究開発プロジェクトの結果を基礎としている。プロジェクトの目的の一つは、小型エンジンと小型船のメタノール燃料への改造に関するフィージビリティを検証することであった。

プロジェクト参加企業・組織は、SSPA Sweden、ScandiNAOS、Marine Benchmark、 Lund 大学、スウェーデン交通局道路フェリー部門、Scania、SMTF、フィンランド技術研究センター VTT である。プロジェクトへは、EU の「MARTEC II」ネットワーク及びスウェーデン海事局、ヴェストラ・イエータランド県 (スウェーデン)、Oiltanking、メタノール研究所が支援を行った。

プロジェクトは、メタノール燃焼概念と船用燃料システムの研究、及びそのコスト効果を検証し、沿岸船及び内陸水路船へ環境性の高い代替燃料としてのメタノールの利用に関する勧告を作成した。

SSPA は、バイオメタノールの市場化は進んでおり、フェリー運航企業その他の船社にとって、ゼロ排出燃料の採用と IMO の環境規制を満たす機会を与えていると述べている。

スウェーデン政府は、スウェーデン交通局に 2030 年又は 2045 年までに全てのフェリー、パイロットボート、砕氷船、作業船から化石燃料を排除するという目標達成へのオプションの検討を依頼した。この目標達成には、バイオメタノールが有効なオプションとなる。スウェーデンでは、製紙工場廃棄物等の再生可能エネルギー源から十分な量のバイオメタノールの製造が可能である。

5-2-q. WAGENINGEN F シリーズ・プロペラ共同産業プロジェクト

オランダ海事研究機関 MARIN は、固定ピッチプロペラに関する新たな共同産業プロジェクト (JIP) を計画している。その目的は、キャビテーション、騒音、振動を考慮した最高効率を持つ「Wageningen F シリーズ」と呼ばれる新設計のプロペラ群の開発である。

MARIN は、新型固定ピッチプロペラの必要性として、高まる安全性への認識と要求、船舶設計の環境性と快適性、船用推進システムの電化等の要因を挙げている。

新プロジェクトの初回会合は、2018 年 11 月 14 日、神戸の海運事業者フォーラムにおいて開催された。プロジェクトの実施期間は 3 年間である。

MARIN が主導する JIP には、全て欧州以外からの参加も可能である。プロジェクトの成果とコストは、参加企業・組織が負担する。参加企業・組織は、年に 2 回開催される JIP の進捗会合に招待され、プロジェクトのウェブサイトのコンフィデンシャルリンクから報告書、ソフトウェアその他の情報へのアクセスが可能である。

5-2-r. WAGENINGEN TT (トンネルスラスタ) 共同産業プロジェクト

オランダ海事研究所 MARIN が主導したトンネルスラスタの総合的な設計ツールの開発を行う大規模国際研究開発プロジェクト「Wageningen TT シリーズ」は、2018 年末に完了した。

同プロジェクトは、低騒音トンネルスラスタの系統的な開発を行った。プロジェクトでは、設計性能を予測し、向上させるためのシステムティックなデータが不足していることを問題視している。騒音と振動の問題は重要性を増しており、プロジェクトでは、製品開発の準備段階としてトンネル内のプロペラ挙動の詳細な分析を行った。また、ハウジング内の Z 型駆動ギアではなく、トンネルのリムにより駆動されるプロペラの知識を向上させることも目的とした。

プロジェクトの権限は、横力、振動伝達、騒音拡散を予測し、機械駆動及びリム駆動の最適化されたトンネルスラスタの設計と設計方法を決定することである。このためには、トンネルの両端、長さ、グリッドバー、開口部周りの船体の傾斜等のジオメトリーを十分に考慮する。

プロジェクトの成果は、ソフトウェアツールとして造船技師、船主、設計者、船用機器メーカーが、波の条件や偏流角を考慮したトンネルスラスタの横力、騒音と振動、船体抵抗等を評価する際に利用される。

プロジェクトの第一フェーズでは、機械駆動及びリム駆動電動ユニット両方の異なる設計、プロペラ数、スキュー、ブレード形状、外形、放射形状を持つプロペラの比較研究を行った。12 種類のプロペラ設計が選ばれ、横力、キャビテーション、振動伝達、騒音放射の試験を行った。

横力の検証には、プロペラブレード、プロペラ全体、トンネルスラスタユニット全体の動的外力とモーメントの測定を含めた。キャビテーションによる推力の低下を決定するため、キャビテーションがある状態とない状態の両方で検証が行われた。試験は、MARIN のエーデ研究所内の減圧造波水槽で行われた。

キャビテーション現象は、トンネル両端の高速カメラによって記録され、さらに、内部カメラがプロペラ先端とトンネル壁の間のキャビテーションの観察に用いられた。

プロジェクト資金は、オランダ経済省が部分的に助成し、残りは殆どがオランダ国外からの参加企業・組織が負担した。プロジェクト参加企業・組織は、欧州、日本、中国の主要プロペラメーカー14社、5つの海事研究機関、5つの造船所である。

5-2-s. WIND HYBRID COASTER (風力ハイブリッド沿岸船)

2018年6月、風力ハイブリッド沿岸船研究開発プロジェクトの一環として、ドイツの4,200DWT型貨物船に Eco-Flettner ローターのプロトタイプを搭載した帆推進システムの海上試験が開始された。Eco-Flettner システムは、70kWの電動モーターを搭載した高さ18m、直径3m、重さ約100トンの複合繊維シリンダーで構成される。

この軽量システムと空力ローターは、幅広い風速に対応する。帆走力の増加に従い、船舶のディーゼル主機の動力を削減することが出来、燃料と排出を低減する。長期的試験により効果が実証された場合には、ローターを追加設置する。

同プロジェクトは、ドイツとオランダの共同プロジェクト「MariTIM」の一部として、EU地方開発基金とドイツ、オランダ両国の地方補助金制度からの支援を受けている。

5-3. 欧州各国の技術開発と共同研究開発プロジェクトの動向

5-3-a. AGILE 動力管理システム

2016年4月から2018年9月に掛けて、効率と順応性の向上を目指した船用動力管理システムの設計開発と実現に向けたプロジェクトが英国で実施された。

プロジェクトの総予算約100万ポンド（125万ドル）の75%を Innovate UK が拠出している。プロジェクトは、Babcock Integrated Technology が主導し、英国のウォリック大学と中小企業2社 Vayon Holdings と Potenza Technology が参加している。

プロジェクトチームが開発した「Agile 動力管理システム」は、多様な船種の多様な負荷要求と運航プロファイルに対応させるため、複数の動力源とエネルギー貯蔵のインターフェイスを行っている。

プロジェクトの目標は、各船舶の要求に応じ、動力を配給するインテリジェント制御を用いてエネルギー管理を最適化することである。その結果、燃料消費量の低減、メンテナンスの軽減、環境への影響の低減等が期待されている。

5-3-b. 空気層ドラッグ低減システム（ALDS）

2018年6月、オランダ企業 Royal Roos と Marine Bubble Flow（MBF）は、船体下の空気潤滑システムの共同開発に合意した。両社は、MBF の特許技術である空気層ドラッグ低減システム（air layer drag reduction system : ALDS）概念の改良、試験、製品化で協力する。

完全に開発された MBF システムは、ドラッグを最大30%低減する効果を持ち、同時に燃料消費量を10～15%削減する。

ALDS 概念は、流体力学と空気ベースの流体工学*技術を組み合わせ、船体周囲に制御された気泡を噴射し、空気の層を形成する。

(*流体工学：液体又はガスのフロー特性を利用し、制御システムを操作する技術。電子技術の代替となる制御技術である。)

5-3-c. ノルウェーの自律航行船プロジェクト（Yara Birkeland）

ノルウェーの世界初の自律航行型コンテナ船「Yara Birkeland」の共同研究開発プロジェクトは、2018年にノルウェー ENOVA から1億3,360万ノルウェークローネ（1,560万ドル）の補助金を獲得した。ENOVA は、環境に優しいエネルギー製造と利用を促進するノルウェー政府機関で、ノルウェー気候環境省が補助金給付を承認した。

また、2018年には、「Yara Birkeland」の建造が VARD Group に発注された。VARD は、建造作業をルーマニアとノルウェー西部の同社造船所で分担して行う。「Yara Birkeland」は、2020年第1四半期に竣工が予定されている。同船は、有人航海から無人航海へと徐々に移行し、2022年までには完全な自律航行となる予定である。

同プロジェクトは、ノルウェーの肥料企業 Yara International が主導している。開発された完全電池駆動船は、全長80m、幅15mで、オープンデッキ上にコンテナ120TEUを積載する。同船は、沿岸を近距離航行し、Yara の製造工場から積み換え港に貨物を輸送する。年間40,000回分の道路輸送を削減することにより、NOx 及び CO₂ 排出量を大幅に削減する。

Kongsberg Maritime は、同船の電気駆動系、電池、推進制御システムに加え、遠隔操作と自律航行に必要な主要技術全てを開発し、設置する。

5-3-d. 「eConowind」帆支援推進システム

船用帆支援推進システムの実用化は、EU とオランダが支援するオランダの「eConowind」システム開発プロジェクトにより更に一步前進した。試作システムは、2018 年秋に短距離貨物船にレトロフィットされ、2019 年半ばまで試験が行われる予定である。同システムは、欧州北西部海域の様々な海象条件や冬季の厳しい気象条件に晒されることとなる。

「eConowind」システムの概念は、オランダ・フローニンゲンの設計エンジニアリング研究開発企業 Conoship International ともう 1 社のオランダ企業 HCP BV の合弁会社である eConowind が開発したものである。この革新的ソリューションでは、甲板に設置されたコンテナに搭載された折り畳み式のウィング（帆）2 基が、補助推進力を供給する。

このウィングは、「VentiFoils」と呼ばれる装置で、風向きに最適な角度を探して自動的に回転する。発生した推力は甲板経由で転送され、それに応じてエンジン出力は出力要求又は最適航海速度を満たすレベルに低減される。

「eConowind」システムは、40 フィートの船用コンテナに設置されているため、設置と移動の柔軟性が高い。そのため、レトロフィットにも適しており、貨物船、船首側甲板に 40 フィートユニット 1 基又は 2 基の設置スペースを持つ沿岸タンカーその他の多様な船種への採用が可能である。

VentiFoil は、「スマート」サクシオン機能を持ち、そのサイズと比較して大きな回転力を発揮する高度な空気力学設計を持つウィング形状の装置である。暴風又は無風時には、VentiFoil は、コンテナユニット内に容易に格納することが出来る。油圧系、オートメーション、換気等全ての機器は、コンテナユニットに内蔵されている。

平均的な風力状態でロッテルダムからヘルシンキに航海する貨物船上に設置された同システムの理論研究では、25%の省エネ効果が示された。同船に垂直に作用する風力によるドリフトの影響はごく僅かであった。向かい風の場合、同ユニットは、ドラッグ増加を防ぐために内側に折り畳まれる。

VentiFoil ユニットの開発は、EU の地方開発基金及びオランダ VIA (Versneller Innovatieve Ambities) 地方開発基金を通じてオランダ北部 3 州の財政支援を受けている。

5-3-e. ELECTROMOBILITY for SHIPPING (海運へのエレクトロモビリティ)

2018 年、スウェーデンの企業は、海運に更に環境性の高いソリューションを導入し、スウェーデンの環境に優しい「グリーン」な技術の輸出を促進することを目的とした共同プロジェクト「海運へのエレクトロモビリティ」を開始した。

参加企業・組織は、スウェーデン船主協会、Stena Rederi、ABB Marine、ABB Sverige、RISE 研究所、バッテリーメーカーNorthvolt である。

主に小型船へのバッテリーの導入は進んでいるが、プロジェクトでは海洋船への効果的なソリューションの構築を目指した専門的な研究開発活動が必要であると考えている。

5-3-f. ELECTRO TURBO COMPOUNDING (ETC) : 電子ターボ複合技術

英国 Bowman Power Group が主導する共同研究開発チームは、エンジン効率を高め、排出を低減する同社の電子ターボ複合 (ETC) 技術を用いた船用システムを開発した。

同プロジェクトは、2014～2018 年期中に実施され、総コスト 150 万ポンド (190 万ドル) のうち、100 万ポンド (125 万ドル) を英国のイノベーション基金 Innovate UK が拠出した。Bowman の研究開発パートナーは、Rolls-Royce Power Systems、Lloyd's Register (LR)、ロンドン大学ユニバーシティカレッジ (UCL) である。

Bowman は、電子ターボ複合 (ETC) 技術を開発のベースとして提供し、Rolls-Royce Power Systems は、同社の MTU 4000 シリーズ M93 型高速エンジンを用いて主要情報とシミュレーション結果を提供した。

Bowman は、UCL の海事研究グループと協働し、多様な船種への ETC 技術導入のフィージビリティ研究を行った。UCL は、その利点、性能、限界、二次的影響、予想される結果等を検証するモデル手法を開発した。

プロジェクトは、次にプロトタイプ作成と試験を行った。7 種類のターボ発電機とパワーエレクトロニクスのプロトタイプを製造し、実際の運転条件を再現する専門試験設備を用いて異なるアプリケーションの試験を行った。Bowmans は、LR と協働し、機械的、電氣的な船用コンプライアンスに関する資料を作成した。

プロジェクトの成果は、Bowman の主力製品である「ETC 1000」を用いた ETC システムの製造に向けた「ロードマップ」の作成、試験と実証である。プロジェクトでは、多様な船種の既存船における 7.8% の省エネ率とそれに伴う CO₂ 排出量の削減の可能性が実証された。

5-3-g. FellowSHIP プロジェクト

2018 年 7 月、ノルウェーの DNV GL、Eidesvik Offshore、Wärtsilä Norway は、共同研究開発プロジェクト「FellowSHIP」の完了を発表した。同プロジェクトでは、過去 15 年以上に亘り、バッテリー、ハイブリッド、燃料電池技術の開発を行ってきた。

ノルウェー・リサーチカウンシルからの財政支援を得た「FellowSHIP」プロジェクトの成果は、船用バッテリー及びハイブリッドシステムに関する知識を深め、海事産業の持続性向上を支援している。

2003 年、同プロジェクトは、船用燃料電池技術の開発に着手した。プロジェクトの進展とともに、焦点は燃料電池からハイブリッドバッテリーシステム、特にリチウムイオン電池の実用性の確認に移行した。燃料電池のレスポンスの遅さがハイブリッドバッテリーシステムへの関心に繋がった。さらに、バッテリーは冗長性要求を満たす予備電力を提供するなどの利点があり、また、「ピークシェービング」により負荷変動に効率的に対応する。

「FellowSHIP」プロジェクトの経過は以下のとおりである。

フェーズ I (2003～2005 年) : 燃料電池技術

- フィージビリティ研究と概念設計

フェーズ II (2006～2010 年) : 燃料電池技術

- オフショアサービス船「Viking Lady」上での試験と測定

フェーズ III (2011～2014 年) : リチウムイオン電池技術

- ハイブリッド設計概念の開発

- 「Viking Lady」上での試験と測定

フェーズ IV (2014～2017 年) : リチウムイオン電池技術

- パフォーマンスの最適化

- 長期的パフォーマンス

プロジェクトの主な成果は以下のとおりである。

- 最大 15%の燃料消費量の削減
- 最大 25%の NOx 排出量の削減
- 最大 30%のメタン (CH₄) 排出量の削減
- メンテナンスコストの削減：エンジン稼働時間の減少、低負荷運転の減少、定期メンテナンスの間隔の長期化、突発的なメンテナンスの減少
- 機関の稼働率と柔軟性の向上

5-3-h. GREENPROP プロジェクト

4 年間の実施期間を経て 2018 年に終了した「Greenprop」プロジェクトの主目的は、可撓性複合材プロペラの流体力学特性と弾性を予測するツールと計算方法の開発であった。

船舶のプロペラは、一般的に青銅合金等の金属材料を用いて製造され、繊維強化複合材は主にプレジャーボートやヨットのプロペラに用いられる。Greenprop プロジェクトでは、複合材の利点（軽量、高疲労耐性、ジオメトリの柔軟性）を明らかにし、船舶の性能向上のために広く用いられる可能性を示した。

研究の焦点の一つは、数値的予測ツールに評価材料として用いられる質の高い実験データの収集であった。

Greenprop プロジェクトは、デルフト工科大学が主導し、MARIN、Wärtsilä、Solico、オランダ国防省が参加した。オランダ海軍は、デルフト工科大学、Wärtsilä、Solico が設計した直径 1m の可撓性複合材プロペラの実船実験用の船舶を提供した。プロジェクトには、オランダ科学研究機関（NOW-TTW）が資金援助を行った。

5-3-i. HyDIME (Hydrogen and Diesel Injection in a Marine Environment : 海洋環境における水素及びディーゼル噴射)

2018 年 8 月に開始された英国の「HyDIME」プロジェクトの目的は、小型フェリーに水素とディーゼルの混合燃料で駆動される補機をレトロフィットすることである。

プロジェクトの実施期間は 12 か月で、革新的な水素／二元燃料転換システム持つ出力 50kW の補機を設計、統合し、スコットランドのオークニー諸島に運航する小型カーフェリー上で試験を行う。

プロジェクトの成果としては、以下を予想している。

- 民間フェリー向けの水素転換システムの物理的統合と実証
- 民間船への水素燃料の統合と利用への承認を得るための同システムの海上試験
- 実験に利用されたフェリーがオークニーの「Surf n' Turf」プロジェクト（水素製造への再生可能エネルギーの利用）とのインターフェイスを行う方法、及びこのシステムが英国全土で効果的に利用されるための拡大計画の策定

プロジェクトには、英国政府機関 Innovate UK が 430,000 ポンド（538,800 ドル）の資金援助を行っている。プロジェクトは、英国造船所 Ferguson Marine Engineering が主導し、オークニー諸島自治体、欧州海事エネルギーセンター（EMEC）、Lloyd's Register、高速持続的製造研究所（High-Speed Sustainable Manufacturing Institute: HSSMI）が参加している。

水素・ディーゼル噴射は、現在、自動車産業において試験が行われている。ディーゼルエン

ジンの混合気に水素を噴射することにより、燃費が 20～30%改善、PM 排出量が 85%削減、NOx 排出量が 50～90%削減される。

5-3-j. INTENS (Integrated Energy Solutions to Smart and Green Shipping : スマートでグリーンな海運への統合エネルギーソリューション)

Wärtsilä Corporation は、フィンランド海事産業のデジタル化促進を目的とした共同プロジェクトを 2018 年に開始したフィンランド主要海事企業の一つである。その究極的な目的は、船舶のエネルギー効率を高めると同時にフィンランド海事産業の技術競争力を高めるための新たなソリューションとイノベーションの開発である。

「INTENS」と題されたこの共同プロジェクトは、フィンランド技術研究センターVTT が主導し、3年間のプロジェクト総予算 1,300 万ユーロ (1,480 万ドル)のうち、Business Finland が 560 万ユーロ (640 万ドル)を拠出している。

INTENS プロジェクトは、イノベーション、研究開発から設計、製造、運航まで全ての分野において海事クラスターのデジタル化を進めることを目的とする。その動機の一つは、今後数 10年間の IMO の CO₂排出削減目標を満たす実地的なソリューションを開発することの必要性である。

同プロジェクトには、産業界と学界から 19 の企業・組織が参加している。

5-3-k. MAXCMAS (Machine Executable Collision regulations for Marine Autonomous Systems : 船用自律システムのための機械が実行可能な衝突規制)

2018 年 3 月、Rolls-Royce Marine は、総額 130 万ポンド (160 万ドル)の研究プロジェクト「MAXCMAS」の完了を発表した。プロジェクトでは、自律航行船は現行の IMO 衝突予防規則 (COLREG) を十分に満たしていると結論付けた。同プロジェクトは、Rolls-Royce Future Technologies Group が主導し、Lloyd's Register、Warsash Maritime Academy、ベルファストクイーンズ大学、Atlas Elektronik UK (AEUK) が参加した。

AEUK の ARCIMS 無人水上船 (Unmanned Surface Vessel : USV) の海上試験では、プラットフォームモーション、センサーパフォーマンス、環境条件等実際の状況における衝突回避の実験に成功した。

5-3-l. MethaShip プロジェクト

2018 年 5 月、「MethaShip」プロジェクトの成果がハンブルクで発表された。ドイツ連邦経済エネルギー省 (BMWi) が資金を拠出する国家研究プロジェクトである MethaShip プロジェクトの目的は、クルーズ船及び ROPAX フェリーの燃料としてのメタノールの可能性を検証することであった。

2014 年 9 月に開始された MethaShip プロジェクトの実施期間は 45 か月であった。プロジェクトの主要メンバーは、造船所 Flensburger Schiffbau-Gesellschaft 及び Meyer Werft、船級協会 Lloyd's Register で、ハンブルク Caterpillar Marine Systems、MAN Diesel & Turbo (現 MAN Energy Solutions)、化学製品販売企業 Helm AG である。

プロジェクトでは、将来的な排出規制を満たすためには合成メタノールが特に効果的であることが示された。長期的な排出削減に加え、メタノールは貯蔵と輸送が容易であるという利点がある。MethaShip プロジェクトの作業の一つとして、塗装された従来の軟鋼製のメタノール貯蔵タンク 7 基を搭載したクルーズ船の設計が開発された。

MethaShip プロジェクトの主な結論は以下のとおりである。

- メタノールの特性は他の船用代替燃料よりも優れている。
- メタノールの大きな利点は、常温と大気圧で損失なく貯蔵が可能なことである。
- 船舶設計に関しては、メタノールは省スペース、シンプルで実用的である。
- メタノールは環境性が高い。
- メタノールの供給インフラは既に整っており、入手が容易である。

上記を踏まえた上で、MethaShip プロジェクトでは、メタノールの連続的な船用利用のためには、いくつかの技術的、財政的課題が解決されなければならないとしている。

5-3-m. MethQuest プロジェクト

ドイツ連邦政府は、輸送とエネルギー供給に再生可能源からのガスの利用を促進することを目的とした大規模研究開発プロジェクトを支援している。

2018年9月、産業、エネルギーセクター、学界からの27企業・組織は、メタンベースの燃料の利用に関するソリューションの開発を目指す主幹プロジェクト「MethQuest」を開始した。このプロジェクト内の6つのサブプロジェクトには、船用エンジンの新概念及びメタンリカバリーが含まれる。

MethQuest の総予算 3,200 万ユーロ (3,640 万ドル) のうち、1,900 万ユーロ (2,160 万ドル) をドイツ連邦経済エネルギー省 (BMWi) が拠出する。Rolls-Royce Power Systems とカールスルーエ技術研究所が、プロジェクトを主導する。

プロジェクトでは、再生可能源から製造されたメタンベースの燃料が動的（輸送）及び静的アプリケーションに用いられるための技術を開発、分析し、最終的には市場化する。ガスは建物の暖房その他のアプリケーションに広く利用されているが、旅客、貨物の水上輸送への利用可能性に関する研究開発はこれまで本格的に行われていない。

「ガスにパワーを」というコンセプトとプロセスは、再生可能エネルギー源からの電力を使い、貯蔵が容易で必要な時に必要量を利用できるメタンガスを製造する。

MethQuest 主幹プロジェクトでは、合計 6 件の共同プロジェクトが、メタン及びメチレンベースの燃料の様々な分野における利用に関する研究を行う。そのうち一つのプロジェクト「MethMare」は、船用高速ガスエンジン 2 機種種の技術的、環境的、経済的フェージビリティを研究する。このプロジェクトは、Rolls-Royce Power Systems の子会社 MTU Friedrichshafen がコーディネーターを務める。

5-3-n. ノルウェーNOx 基金の補助金

ノルウェーの NOx 基金は、2018 年 1 月 1 日付で財政支援プログラムの改正を行った。補助の規模は変わらず、採用されたあらゆる方策に対してそのコストの最大 80%となっている。

新たなスキームは、以下の投資に対し、削減された NOx 1kg につき 250 ノルウェークローネ (NOK) (29.3 ドル) の補助金を給付する。

- SCR、EGR 等の NOx 削減技術
- エネルギー効率化システム
- NOx を削減するエンジンの改造
- NOx 浄化技術を持つ新エンジンへの交換

また、以下の投資に対しては、削減された NOx 1kg につき 500 ノルウェークローネ (NOK) (58.5 ドル) の補助金を給付する。

- LNG 燃料、水素燃料、陸上電力の利用等へのエネルギーの転換
- ハイブリッドバッテリーシステム
- エンジンシステムの可変速度 (RPM) 又は DC 電力網
- IMO 第 3 次 NOx 規制を満たす NOx 削減技術 (SCR、EGR 等) を持つエンジンへの交換
- IMO 第 3 次 NOx 規制を満たす NOx 削減技術 (SCR、EGR 又は LNG 燃料) とエネルギー効率化システムの組合せ

その他のスキームは、多くが前回と同様のレートと条件で 2018 年も継続する：

- 尿素 (NOx 削減装置用) への補助 (コストの最大 80%)
- SCR システム内の触媒交換への補助
- 排出ガス測定システムへの補助

NOx 基金は、数多くのノルウェー企業と産業団体、及びノルウェー政府の共同事業である。

バッテリーのレトロフィットへの支援：

2017 年 11 月、NOx 基金は、長期用船されノルウェー領海を航行するオフショアサービス船へのバッテリーシステム搭載を促進する一時的な支援プログラムを発表した。補助金の申請期限は 2018 年 6 月で、認可されたプロジェクトの全作業は 2018 年 12 月 31 までに完了しなければならない。

バッテリーシステムのレトロフィットへの補助金は、一律 500 万 NOK (60 万ドル) である。「プラグ・イン」式バッテリー充電を促進するため、陸上電力の利用に対しては、電力 1kWh につき 4NOK (0.5 ドル) の追加補助を行う。両ケースとも、その目的は NOx 排出量の削減である。NOx 基金は、このプログラムのために 1 億 NOK (1,170 万ドル) を計上している。

バッテリーレトロフィットへの補助金給付の理由は、オフショア船は既に LNG 燃料が使用可能なエンジン (DF エンジン又はガスエンジン) を搭載しているか、又は選択触媒還元 (SCR) システムを搭載しているからである。

5-3-o. ONE SEA：自律性のある海洋エコシステム

2018 年、フィンランド船主協会は、フィンランドの研究開発プロジェクト「One Sea Ecosystem」への協力に合意した。この動きは、2025 年までにバルト海における自律運航の開始を目指す同プロジェクトへの追い風となった。

自律運航ネットワーク技術の研究開発を目的とした One Sea プロジェクトの主導企業には、Wärtsilä、ABB、フィンランド Rolls-Royce Marine を含む。研究作業は、オペレーション、技術、セキュリティ、規制、航行管理等のテーマに分かれて行われ、フィンランド助成組織 TEKES が支援を行っている。

フィンランド船主協会は、フィンランドの船社 25 社から成り、合計 100 隻以上の船舶を所有している。

5-3-p. STENA LINE のバッテリー利用

2018 年、スウェーデン Stena Line の所有する ROPAX フェリーにバッテリー装置をレトロフィットし、海上試験が行われた。同フェリーは、ヨーテボリ (スウェーデン) - フレゼリクスハウ (デンマーク) 間を定期運航している。

このバッテリープロジェクトは、Stena Line の持続性戦略における中核を成すものである。同社は、バッテリーの試験を行い、オペレーションに関する知識を収集、その環境面における利点や省エネ性能を評価する。ポジティブな結果が得られた場合、Stena Line は、40 隻近くの同社所有船へのバッテリーシステム導入を検討する。

今回のプロジェクトは、3 ステップ(フェーズ)に分かれている。ステップ 1 では、Stena Line が Stena Teknik 及び Trident Maritime Systems (旧 Callenberg Technology Group) が共同開発した技術ソリューションの試験を行う。同ステップは、スウェーデン交通局と EU 基金「Connecting Europe Facility (CEF)」が予算の 50%を助成する。

ROPAX フェリー「Stena Jutlandica」に搭載されるシステムは、プラグイン・ハイブリッド技術をベースとしている。エネルギー貯蔵システムは、モジュラー設計で、同船の露天甲板上のコンテナユニットに内蔵される。エネルギー容量は約 1,000kWh (1MWh) で、瞬時に 3,000kW の電力を供給可能である。バッテリーは、停泊時に陸上電力により充電されるが、船内の発電機による充電も可能である。

プロジェクトの 3 ステップは以下のとおりである。

ステップ 1：容量 1MWh のバッテリーを使用

- バッテリー電力をバウスラスタと着岸時の操船に使用
- ピークシェービング：通常航行時の電力使用量を最適化

ステップ 2：容量約 20MWh のバッテリーを使用

- バッテリー電力を港湾内及びヨーテボリ群島から 10 海里以内の航海に使用

ステップ 3：容量約 50MWh のバッテリーを使用

- 50 海里までフルバッテリー電力を使用

5-3-q. ノルウェー・カタパルトセンター

2018 年、ノルウェーの海事クラスター NCE Maritime CleanTech は、「スマート」で「グリーン」な船用技術の開発を行う国営試験・イノベーションセンターとなる通称「カタパルトセンター」の開設資金を獲得した。カタパルトセンターは、ノルウェー貿易産業漁業省が出資し、政府系産業開発公社 SIVA がノルウェー・リサーチカウンスル及び Innovation Norway と協力して運営する。

ノルウェー南西部 Stord に位置するカタパルトセンター(Sustainable Maritime Norwegian Catapult Center) は、バッテリー、燃料電池、ハイブリッドシステムを含む新船用エネルギー技術の試験、試作、パイロット実験のための施設である。フェリー、タンカー、オフショアセクターからの 3 船社が、それぞれパイロット実験用の船舶を提供する。

5-3-r. 船舶技術評価システム

2018 年、英国の技術コンサルタント企業 BMT Group 及び Black & Veatch は、船舶技術評価システム (Vessel Technology Assessment System : VTAS) の開発プロジェクト向けの資金を調達した。プロジェクトの主目的は、投資家や金融機関の船舶の設計、技術、高効率燃料システム等の利点に関する理解を深め、市場の実用的な高効率燃料技術の採用を促進することである。

VTAS プロジェクトは、英国エネルギー技術研究所 (ETI) から 180 万ポンド (230 万ドル) の資金を得て開始した。プロジェクトでは、船舶の運航形態に応じた多様な燃料効率化技術、炭素低減技術の利点を予測する実用的な手段を開発する。

プロジェクト参加企業・組織は、省エネ技術 (ESD) の採用により燃料効率を高めることは、将来的な海上輸送のコスト、セキュリティ、持続性に不可欠であるとしている。プロジェクトでは、省エネ技術の普及を阻害している原因を特定する。また、各船舶からのデータを利用した技術モデルを提供し、これを財務モデルと組み合わせる。

BMT は、民間海運市場では、フレットナーローター、高効率プロペラ、ウィングセイル等の省エネ技術が利用可能であるが、技術的、財政的なリスクによりその普及は遅れているとし、プロジェクトでは、船舶ベースのモデリング、評価、データ検証の手法を改良することにより、様々なオプションを検証し、関係者の客観的なエビデンスに基づいた意思決定への支援を行う。

英国エネルギー技術研究所 (ETI) は、既に総額 1000 万ポンドを投資し、フレットナーローター帆、高効率推進システム、新排熱回収技術等の実証プロジェクトに従事している。

ETI は、グローバルなエネルギー企業、エンジニアリング企業及と英国政府の官民パートナーシップである。その役割は、低炭素技術に関する官民学の共同研究開発の促進である。

5-3-s. WAAM フック (3D プリンティング)

2018 年、オランダのクレーンメーカー Huisman とロッテルダム RAMLAB は、大型オフショア・クレーンフックの WAAM (wire and arc additive manufacturing : ワイヤーク積層造形) 技術を用いた 3D プリンティングに関するプロジェクトを開始した。3D プリンティング技術を用いて製造されたフックは空洞で、必要材料と製造リードタイムを大幅に削減する。

Huisman の 4 枝設計をベースとしたフックは、大きさ 1×1m で重量は 1,000kg 弱であり、世界最大重量の 3D 製造鋼製製品となる。吊り能力は 325 トンである。2018 年初頭には、Huisman は 3D プリンティングされたオフショア・クレーンフックの 80 トン負荷試験を成功させた。

WAAM フック製造プロジェクトには、Huisman Equipment、RAMLAB、Autodesk、DNV GL、Bureau Veritas、ABS (American Bureau of Shipping)、Voestalpine Boehler Welding が参加している。

2017 年には、RAMLAB が 3 翼プロペラ試作機の 3D プリンティング製造を行った。「WAAMPeller」と呼ばれるこのプロペラの直径は 1,350 mm で、ニッケルアルミ青銅合金製である。2017 年後半に 3D プリンティング製造された「WAAMPeller」の 2 号機は、オランダの小型タグボートに搭載された。

RAMLAB は、2015 年にロッテルダム港湾局、InnovationQuarter、RDM Makerspace とロッテルダム港周辺の船用及び産業企業が共同で実施したオランダの研究開発プロジェクト「船用及び航空用スペア部品の 3D プリンティングの結果として誕生した組織である。

5-3-t. 洋上風力発電向け自律航行船プロジェクト (WASP)

2018 年、洋上風力発電施設の運用とメンテナンス支援に自律航行船を利用する際の技術、規制、社会的課題の研究を行うプロジェクト「洋上風力発電施設向けの自律航行船」(Windfarm Autonomous Ship Project : WASP) が英国で開始された。

実施期間 18 か月の同プロジェクトの目的は、自律航行船の段階的導入に向けた計画の作成である。

以前の研究では、支援船の運航コストは、洋上風力発電施設の運営コストの 60%にも上り、施設の全生涯コストの 4 分の 1 近くを占めることが判明した。ロボット技術と人工知能の導入により、これらのコストは大幅に削減できると考えられている。

英国政府機関 **Innovate UK** が一部資金を支援する **WASP** プロジェクトは、**ASV Global** が主導し、ソフトウェア専門企業 **SeaRoc Group**、ポーツマス大学、**Offshore Renewable Energy (ORE) Catapult** が協力している。同プロジェクトは、自律航行船の利点を確認し、利用を促進する。

第 6 章 欧州主要船用関連企業の製品開発動向

6-a. デンマーク

6-a-1. ADNOX : 新 SCR システム

デンマークのスタートアップ企業 Adnox は、選択触媒還元 (SCR) の還元剤としてディーゼル油を使用する NO_x 削減システムを開発し、特許を取得した。

尿素又はアンモニアの代わりにディーゼル油を用いることにより、新システムは、追加的な還元剤と特別な貯蔵タンクの必要がなく、関連コストとスペースが削減される。さらに、SCR 過程に使われる燃料油のエネルギーを熱に変換し、電気又は水の製造に利用することも出来る。

ディーゼル油は腐食性がなく、結晶化も少ない。ディーゼル油の蒸発及び排気との混合には、Adnox 反応器の上流の短いパイプのみが必要である。DNV GL に承認された同システムは、新造船及び既存船の 2 ストロークエンジン及び 4 ストロークエンジンの両方に使用可能である。

新 SCR システム発売の前に、Adnox の過半数株は、船用及び陸上用 2 ストロークエンジン向けシリンダー潤滑システムサプライヤーである Jensen Lubricators が取得した。

6-a-2. BUKH : スウェーデン VGT のエンジン部門買収

2018 年 4 月、デンマークの小型ディーゼルエンジンメーカー Bukh は、スウェーデン Marinediesel の VGT シリーズ船用エンジンの製造・開発部門を買収した。

VGT 船用エンジンシリーズは、General Motors の V8 ディーゼルをベースとしており、出力範囲は 300~500hp (224~373kW) である。Bukh は、既存シリーズのアップデートと大型化、大出力化を開始した。

Bukh は、救命艇、高速救助艇、作業船等へのアプリケーションに定評があり、現在出力 24~800hp (18~597kW) のエンジンを提供している。同社は、商船及び艦艇市場における大型エンジンへの需要増加に対応する計画である。

6-a-3. MAERSK FLUID TECHNOLOGY : 船内ブレンド (BOB) 技術

A.P.Moller-Maersk Group の子会社 Maersk Fluid Technology は、同社の「SEA-Mate Blending-on-Board (BOB)」技術を用いた新機種シリーズを発表した。新シリーズにはオートメーション機能を追加した。統合されたソフトウェアは、船内センサーで受信したデータを用いてシステムの目的に応じたシリンダー潤滑油を自動的に製造する。

BOB 技術は、元来、親会社 A.P.Moller-Maersk のコンテナ船隊の 2 ストロークエンジン向けに開発された技術である。同技術は、使用中のシステム油をベースオイルとし、高塩基価 (BN) のシリンダー潤滑油と混合して目的に応じて「カスタムブレンド」されたシリンダー潤滑油を製造する。また、エンジンのオイルパンに新たなシステム油を追加する機能がある。

BOB 技術を使用することで、シリンダー油の消費量が減少し、腐食 (cold corrosion) やシリンダーの疲労が軽減される。ブレンドに使用される高塩基価のシリンダー油は、世界各地の港湾の大手石油会社から入手可能である。

SEA-Mate 製品群は、最近まで 3 モデル (B500、B1000、B3000) のみであった。現在は、

これらに制御システムが改良された Mark 2 バージョンが加わっている。さらに、B1000 Mk2 は、船舶のエンジン制御システムやエンジン監視システムのセンサーからの信号を使用してシリンダー油特性を最適化するパラメーターを自動的に使用する機能がオプションとなっている。

6-a-4. MAN ENERGY SOLUTIONS : ME-LGIP 二元燃料エンジン

2018年9月、MAN Energy Solutions は、同社のコペンハーゲン研究センターにおいて、新 ME-LGIP (liquid gas injection propane : 液体ガス噴射プロパン) 二元燃料 2 ストロークエンジンを発表した。ME-LGIP 設計は、基本的には実績のある ME-GI シリーズ及び ME-LGI エンジンと同じ技術をベースとし、LPG 燃料に対応している。

硫黄分がなく、世界中で入手可能で、バンカリングが容易、などの理由により、船用燃料としての LPG への関心は高まっている。LPG 燃料対応型エンジンの初期の受注は、LPG 運搬船向けであったが、その他の船種市場からの問合せも増加している。

MAN は、ME-LGIP は、3%のみのパイロットオイルを使用し 10%負荷でガスモード運転を行うとしている。将来的には、パイロットオイルが不必要なガスモード運転が可能となる。さらに、ME-LGIP は、燃料として液体揮発性有機化合物 (VOC) も使用可能である。MAN は、IMO が将来的には VOC 排出の規制に乗り出すと予想している。新エンジンは、原油タンカーやシャトルタンカーの駆動にも適している。

ディーゼルの原理は、負荷変動時と燃料転換時を含めた運転の安定性と効率を提供する。ME-GI 及び ME-LGI シリーズと同様に、ME-LGIP は、メタンスリップが殆どない。

2018年3月には、韓進重工業で建造されるベルギー Exmar の 80,000 m³型 LPG 運搬船 2 隻向けに 6G60ME-LGIP エンジン 2 基の初回受注を獲得した。続いて、シンガポール BW LPG も、同社の LPG 運搬船船隊へのレトロフィット向けに 6G60ME-LGIP 主機 4 基を発注した。

MAN は、ME-LGIP 二元燃料エンジンの開発と製造において、現代重工業 (HHI) と協力している。この協力関係により、新 2 ストローク試験エンジン及びガス施設が HHI のエンジン機関部門 (EMD) の蔚山 (ウルサン) 拠点に建設されることとなった。その目的は、2 ストローク DF エンジン開発の強化である。

蔚山試験エンジンの運転開始は、2019 年初めに予定されている。同エンジンは、オンライン遠隔制御機能を持ち、MAN のデジタル化戦略を支援している。蔚山と MAN Energy Solutions のコペンハーゲンの 2 ストローク研究開発センターを接続することにより、MAN の研究開発エンジニアは、将来のエンジン技術の試験をフォローし最適化することが出来る。

新試験エンジンの特長の一つは、ME-GI エンジンが必要とする正確な圧力と温度に LNG 燃料を加圧、気化する ME-GI ポンプ気化ユニット (pump vaporizer unit : PVU) である。

6-a-5. MAN ENERGY SOLUTIONS : コペンハーゲン試験エンジンの 2 号機

MAN Energy Solutions のコペンハーゲン拠点の 2 ストロークエンジン研究開発センターには、2 基目の試験エンジンが設置される。2020 年に稼働する新試験エンジンは、多元燃料技術の研究が優先課題となっている。

MAN は、船用燃料としての LNG の利用促進を重要戦略としている。LNG も化石燃料ではあるが、比較的クリーンな燃焼過程を持ち、IMO の 2020 年 SO_x 規制を満たす。また、他のエンジン技術と組み合わせた場合には IMO の NO_x 3 次規制を満たす。しかしながら、MAN

は、LNG は脱炭素時代に向けた移行的燃料であると位置付けている。

長期的には、2 ストロークエンジン技術に関しては、新世代の MAN の二元燃料 (DF) 推進機関 (ガス噴射 ME-GI、液体ガス噴射 ME-LGI、LPG 焼き ME-LGIP) が将来的なゼロ排出の合成燃料を使用したソリューションへのベースとなる。MAN のコペンハーゲン R&D 拠点は、試験エンジンをを用い、この分野の研究開発を重点的に行う。

さらに、MAN Energy Solutions は、ドイツ連邦経済エネルギー省と共同で、再生可能エネルギーを利用した合成燃料の開発に関する研究開発プロジェクトを進めている。

6-a-6. MAN ENERGY SOLUTIONS : シリンダーバイパス

MAN Energy Solutions は、二元燃料 ME-GI 型 2 ストロークエンジンのシリンダーが着火しなかった場合でもガスモードでの連続運転を可能にする、新たなシリンダーバイパス機能を開発した。現行機種では、ガスモード運転時にシリンダー内で不着火が発生した場合、安全システムがエンジン全体を燃料油焼きモードにスイッチする。この機能により燃料コストが増加する。

開発された新概念は、エンジンをガスモードで連続運転しながら、着火しなかった 1 基又は複数基のシリンダーをバイパスする。シリンダーバイパスは、これまでにも MAN のエンジンに採用されたことはあるが、新技術はガスモードで利用可能な初のシリンダーバイパス技術である。

試験エンジンを使ったバイパス機能の評価は、2018 年に開始され、MAN は、この新安全技術を搭載したエンジンの出荷を 2019 年上半期に開始する予定である。

さらに、MAN は、ME-GI エンジンのガスモード運転時に使用されるパイロット燃料の量を削減する新型アトマイザーを設計し、試験を行っている。新型噴射モジュールは、開口部が小さく、パイロット燃料噴射量が少ないため、パイロット燃料使用量を 1.5%以下に抑えることが出来る。

6-a-7. MAN ENERGY SOLUTIONS : 電動ターボブローア

2018 年 10 月、MAN Energy Solutions は、上海にて 2 ストロークエンジンの排気再循環 (EGR) システム向けの電動ターボブローア (electrical turbo blower : ETB) 「ETB40」を発表した。ETB40 ユニットは、MAN のライセンサーである CSSC-MES Diesel Company が製造し、新造船向けの G60ME-C 型主機の EGR システムに統合される。

この EGR を搭載したエンジンは、IMO の NOx 3 次規制を満たす。

ETB ブローアは、排ガスの圧力を上昇させ、排気ガスと掃気ポートの圧力差を減少させる。さらに、同ユニットは、ブローアの変動させることにより、EGR システムの排気ガスの再循環を制御する。コンプレッサーホイールに接続され、周波数変換装置により速度が制御された高速電動モーターを用いて EGR の運転条件を最適化する。

「ETB18」のプロトタイプ 2 基が、2015 年 5 月以来、82,000DWT 型ばら積み貨物船に搭載された MAN S60ME-C 型主機に内蔵されている。2018 年 10 月、ETB40 モデルは、工場受入試験 (FAT) に合格した。

6-a-8. MAN ENERGY SOLUTIONS : 部分負荷の最適化

MAN Diesel & Turbo (現 MAN Energy Solutions) が開発した小口径 4 ストローク船用補機の部分負荷最適化概念は、市場に広く受け入れられ、2018 年初頭までに約 200 基の販売実績を達成した。

エンジンのチューニングは、給気ブローオフバルブ又はウェイトゲートを用いて行われ、燃料油消費率 (SFOC) が 3~5g/kWh 程度改善する。この技術は、連続最大出力 (MCR) の 75%以下、特に、40~65%の負荷で運転されることの多い発電エンジンへの利用が推奨され、MCR の 60~65%でエンジンパフォーマンスを最適化する。

部分負荷の最適化は、燃料消費量は IMO の NOx 2 次規制を満たしながら、低負荷及び部分負荷運転時に減少し、高負荷では上昇するという原理に基づいている。IMO の 3 次規制を満たすためには、SCR システムとの組合せで部分負荷を最適化することも可能である。エンジンのチューニングは、MAN の Holeby 発電エンジンの全機種に利用可能で、既存の全機種 (L16/24、L21/31、L27/38、L23/30H) へのレトロフィットが可能である。

6-a-9. A.P.Moller-Maersk : カーボンニュートラル戦略

2018 年 12 月、コペンハーゲンに本社を置く世界最大手船社の一つである A.P.Moller-Maersk は、2050 年までにカーボンニュートラルとなる戦略目標を発表した。この目標の達成には、カーボンニュートラルな船舶が 2030 年までに市場化される必要があり、今後、イノベーションや新技術の導入が加速されなければならない。

同社は、海運のカーボンニュートラルへの移行を達成するには、産業セクターや技術分野を超えた協力体制が必要であるとしている。現在の代替動力供給手段の多くは海洋船には導入できないため、新たな持続性のあるソリューションの開発も必要である。

Maersk は、今後 5~10 年間の進展が最も重要であるとし、脱炭化ソリューションの技術的、経済的可能性の向上を目指したイノベーションと船舶技術への大規模投資を行っている。過去 4 年間の投資総額は約 10 億ドルで、年間 50 人のエンジニアがエネルギー効率化ソリューションの研究と実用化に携わっている。Maersk は、目標達成のためには社外からの協力が不可欠であるとし、研究者、技術開発者、投資家、荷主、規制当局を含めた研究開発と協力体制が、現在の化石燃料ベースの技術からの脱却を可能にすると述べている。

Maersk は、2019 年中に関係者と今後の協力体制に関するオープンな対話を開始する計画である。

6-b. フィンランド

6-b-1. NORSEPOWER : フェリーへのローターセイル搭載

2018年、バルト海のフェリー運航会社 Viking Line は、自社所有する ROPAX フェリー「Viking Grace」にローターセイルをレトロフィットした。これにより、同船は、気象条件と運航スケジュールに応じて LNG 二元燃料推進機関の出力を削減することが出来る。搭載されたローターセイルは、フィンランド Norsepower が開発したもので、同フェリーの定期航路であるトゥルク（フィンランド） - ストックホルム（スウェーデン）航路において燃料消費量を削減し、年間約 900 トンの CO₂ 排出量を削減すると予想されている。

「Viking Grace」への搭載は、旅客船の補助推進システムとしてのローターセイルの世界初のアプリケーションであるとされている。

搭載された高さ 24m、直径 4m の円筒形ローターセイルは、マグナス効果を利用した推進システムである。回転するローターの両側の圧力差が船舶の推進を支援する。

Viking Line は、2020 年に中国造船所からの引渡しが予定されている新造 ROPAX フェリーにもこの風力支援推進システムを採用する計画である。同船には Norsepower のローターセイル 2 基が搭載される。

6-b-2. WÄRTSILÄ : グループ組織変更

2019 年初めより、Wärtsilä は明確な 2 部門体制、すなわち「Wärtsilä Marine Business」と「Wärtsilä Energy Business」に組織変更される。各部門は、それぞれセールスとアフターサービス機能を持つ。組織変更の目的は、異なる市場ニーズに対応するライフサイクルソリューションを提供することにより、顧客への価値を高めることで、また、柔軟性向上とレスポンスタイムの迅速化を図る。

Wärtsilä グループは、「スマート」技術に焦点を当てている。その「Smart Marine」戦略は、2018 年 5 月の英国に本社を置く航海ソリューション企業 Transas の買収により促進された。Transas のソフトウェアエンジニアは、Wärtsilä のスマート製品とデジタルプラットフォームの開発を重点的に支援する。

同時期には、Wärtsilä Corporation の所有比率にも変化があった。米国に本社を置くリスクマネジメントグループ BlackRock の英国子会社 BlackRock Investment Management は、過去 2、3 年間に Wärtsilä 株式の取得を徐々に進めており、2018 年 10 月には所有比率が 5% を超えている。

6-b-3. WÄRTSILÄ : スマートテクノロジーハブ

船用エンジンメーカーからテクノロジーサービス企業への転換を明確化するために、Wärtsilä は、バーサ（フィンランド）に新たな研究・製品開発・製造センターとなる「スマートテクノロジーハブ」を建設中である。

スマートテクノロジーハブは、Wärtsilä の「Smart Marine」及び「Smart Energy」戦略の要であり、同社の造船・船用市場、石油ガス市場、エネルギー市場向けの研究、試験、製品開発等のニーズを満たすものである。建設プロジェクトでは、顧客、サプライヤー、大学、スタートアップ企業等との共同研究開発を行うパートナーズキャンパスも併設する。

2020 年に開設が予定されているスマートテクノロジーハブへの総投資額は、約 2 億ユーロ

(2億2,700万ドル)で、うち8,300万ユーロ(9,440万ドル)は最新の試験・製造技術に用いられる。バーサ地区は、北欧を代表するエネルギー技術クラスターの一つとなっている。

6-b-4. WÄRTSILÄ : 3D プリンティング

Wärtsilä は、フィンランドのバーサに 3D プリンティング研究センターを設立することを検討中である。検討の結果により、2019年又は2020年に建設が開始される可能性がある。

同社は、スペア部品の製造に 3D 金属プリンティング技術を活用することはポテンシャルが高いと考えている。2018年には、クランクケースカバー、ノズルを含む数々のエンジンのスペア部品が 3D プリンティング技術 (additive manufacturing : AM、付加製造技術) を用いて製造された。

フィンランドの 3D プリンティング研究開発センターは、共同運営となる計画である。運営パートナーは、ABB グループ、及び複数のフィンランドの金属下請け企業、バーサ応用科学大学、バーサ大学である。通常自社のみで技術開発を推進するための十分な資金を有しない中小企業も、運営に参加することが出来る。

また、フィンランド技術研究センターVTT は、産業アプリケーション向けの 3D プリンティング技術に関する幅広い研究を行い、2018年4月にはセンサー搭載金属軸の 3D プリンティングに成功した。

しかしながら、Wärtsilä は、3D 金属プリンティングは従来の製造法よりもコストが掛かるとしている。

6-b-5. WÄRTSILÄ : ハイブリッドセンター

2018年10月、Wärtsilä は、世界初のハイブリッドセンターをイタリアのトリエステにある同社拠点に開設した。この施設は、エンジン、バッテリー、駆動系、電動モーター駆動プロペラ負荷シミュレーター、PTO/PTI モーター発電機、エネルギー管理システムから構成される世界初の実機スケールのハイブリッドセンターであるとされている。

ハイブリッドセンターのプロジェクトの一つは、Wärtsilä が特許を持つ電動スタートアップ過程の試験であった。これは、バッテリーからの電力を用い、主機のスモークフリーな始動を可能にする。

ハイブリッドセンターは、ハイブリッド技術の実証の他に、船主・船社に対し、Wärtsilä の HY ハイブリッドパワーモジュールに関する知識と経験を提供する。

6-b-6. WÄRTSILÄ : 新高速エンジン

2018年11月、Wärtsilä は、初の自社ブランドの新型高速エンジンの開発を発表した。

ボア 140mm の Wärtsilä 14 シリーズは、ハイブリッド出力も可能な船用及びオフショア向け主機及び補機として設計されている。同シリーズは、シリンダー数 12 及び 16 で、ディーゼル機械推進向けには出力 755~1,340kW をカバーし、補機及びディーゼル電気推進の場合には出力 675~1,155kW をカバーする。

同エンジンは、Wärtsilä ではなく、開発パートナーで世界最大手の建設機械メーカーの一つである Liebherr が製造する。Liebherr は、近年自社の高速エンジン製品群を拡大しており、Wärtsilä 14 シリーズエンジンの製品開発と製造を担当する。初回機の納入は 2019 年下半期

に予定されている。

6-b-7. WÄRTSILÄ : 34DF 二元燃料エンジン

2018年、Wärtsilä 34DF 型二元燃料中速エンジンは、ディーゼルモード（ディーゼル燃料）及び Wärtsilä 独自の NOx 削減システム (NOR) が搭載された場合には、米国環境保護庁 (EPA) の Tier III NOx 排出基準を満たす認証を取得した。

したがって、34DF は、ディーゼルモードで NOR SCR システムを搭載した場合、及びガスモードでは排ガス後処理装置がない場合に、EPA Tier III 及び IMO NOx 3 次規制排出基準の両方を満たすこととなった。ガスモードでは、排ガス後処理装置を伴わない EPA Tier III 基準適合の認証は 2017 年に取得済みである。

ディーゼル又はガスモードでの認証を取得したことにより、NOR 搭載の 34DF エンジンは、NOx 排出規制海域を航行する際の燃料柔軟性が完全に確保されている。

6-b-8. WÄRTSILÄ : VER (Voyage Emissions Reduction : 航海中の排出削減) システム

Wärtsilä は、LNG 燃料石油タンカー向けに、排出された揮発性有機化合物 (VOC) を回収し、同船の主機で燃料として使用するという「Voyage Emissions Reduction (VER)」システムを開発した。このソリューションは、船舶の省エネを実現すると同時に、貨物輸送及び荷役中に蒸発により発生する VOC による汚染問題にも対応している。

VER システムのバージョンのうち、いわゆる「再回収バージョン」では、原油タンカーの貨物輸送中に発生する VOC は、貨物タンクに再循環され、貨物の大気中への損失を最小限に止める。一方、「燃料システム」と呼ばれる VER システムの第二のバージョンでは、回収された VOC は主機の燃料として用いられる。このシステムは、特許申請中の回収技術及び混合技術をベースとしている。

VER 再回収バージョン、VER 燃料バージョンの両方は、貨物の大気中へ損失を 80% 低減するという環境面での利点がある、さらに、燃料バージョンは、20% もの省エネを実現するとされている。VER 製品には 2 サイズがあり、一つは最大 160,000DWT までのタンカー向け、もう一つは 160,000~320,000DWT のタンカー向けである。

Wärtsilä VER の燃料バージョンは、Teekay がサムスン重工業で建造し、2020 年に北海に就航する 130,000DWT 型シャトルタンカーのシリーズに適合している。また、Wärtsilä は、マレーシア AET からシャトルタンカー 2 隻向けの VOC 回収システムを受注している。

6-b-9. YASKAWA Environmental Energy/The SWITCH : 研究開発投資

2018 年、安川電機は 2014 年から業務提携を行っていた電気エンジニアリング企業 The Switch を子会社化した。同社は、安川電機の環境エネルギー部門となり、社名は「Yaskawa Environmental Energy/The Switch」に変更された。安川電機は、この社名変更と同時にフィンランドで大規模な研究開発投資を行い、また、15MW までのドライブトレイン試験センターとなるフィンランドのラッペンランタ工場に設備投資を行った。

これらの投資に対しては、Invest in Finland 及びフィンランド技術イノベーション基金 TEKES が支援を行っている。

Yaskawa Environmental Energy/The Switch とラッペンランタ工科大学 (LUT) は、パワーエレクトロニクス次世代技術の開発に関する幅広い協力体制に合意した。2018 年 9 月に

は、共同研究開発の期間は1年半であると発表された。同プロジェクトは、TEKESが資金援助を行い、LUTが1企業とともに実施するプロジェクトとしては最大額のものである。

プロジェクトの初回の市場化可能な成果は、2020年に発表される予定である。同パワーエレクトロニクスプロジェクトの成果が利用される製品群は、船用発電機、風力タービン、ターボ電動機等である。LUTは、過去20年間に、2006年に設立されたThe Switchを含む多くの工業企業との共同製品開発に携わってきた。

「The Switch DC-Hub」と呼ばれる製品は、船用工業からの関心も高まっている。2018年9月には、Teekay Corporationがサムスン重工業で建造するディーゼル電気駆動のシャトルタンカー4隻向けに「DC-Hub」16基及び周波数変換器32基という同社史上最大の船用契約を受注した。

DC-Hub技術は、完全な冗長性とシステム可用性を提供する設計となっており、従来のAC配電盤が不必要となる。そのため、システムへの初期投資と長期的な運転コストが削減され、また、船内スペースの節約にも繋がる。

6-c. ドイツ

6-c-1. ALLWEILER : 小型遠心ポンプ

Allweiler は、2018 年 9 月にハンブルクで開かれた SMM 海事展にて、設計変更を行った船舶機関室向けの垂直型遠心ポンプの製品群を発表した。

発表されたコンパクトな MA-S 及び MA-C シリーズは、軸状吸込口と放射状吐出口を持つ垂直設置型の遠心ポンプである。S バージョンは、インペラユニットのシンプルで迅速な組立て及び解体が可能な設計となっている。C バージョンは、設置の高さが低いという利点がある。

両バージョンとも特許技術である新型設計の底部を持ち、設置面積はこれまでの機種よりも 23%少なくなっている。設計変更された吸込フランジは、船舶の基部上の台座に固定するための穴を持っている。この設計は、配管の圧力を基部に向けることにより、ポンプの寿命を伸ばし、ベアリングと軸シールの疲労を軽減する。

さらに、Allweiler は、インライン型渦巻ケーシングを持つ MI-S 及び MI-C シリーズの設計変更も行った。

6-c-2. CATERPILLAR MARINE SYSTEMS : SCR 技術

選択還元触媒 (SCR) 技術と排ガス再循環 (EGR) 技術の詳細な開発と検討の結果、Caterpillar は、自社船用エンジンが米国 EPA Tier 4 及び IMO NOx 3 次規制の排出基準を満たすための NOx 削減技術として SCR 技術を選んだ。

その理由は、SCR 技術が最新の米国及び国際規制を満たすと同時に、燃料費削減に繋がること、実績のあるエンジンプラットフォームを使用すること、設置とメンテナンスがシンプルなこと等である。

Caterpillar の SCR 技術は、ディーゼル排気液 (Diesel Exhaust Fluid : DEF) を排気システムに噴射し、その液体をアンモニア (NH₃) に分解することにより、触媒上で NOx を選択的に削減する技術である。

同 SCR システムは、小型エンジン (排気量 18 リットル以下、出力 600kW 以下) の場合、DEF のエアレス噴射をベースとしている。また、MaK 中速エンジン及び Cat C280 中速エンジン、さらに、Cat 高速エンジン等の大型エンジンの場合には、システムは圧縮気支援噴射をベースとしている。

Caterpillar のアプローチは、他の高速エンジンメーカーとは異なるもので、他メーカーの SCR は、触媒のエアレス噴射を広く採用している。空気圧縮方式の採用により、Caterpillar の大型高速機種 of SCR ユニットの設置面積は最小限になり、また、DEF の効果的な混合を実現、DEF の蓄積のリスクを低減する。

Caterpillar Marine は、ハンブルクに本社を置き、米国 Caterpillar グループの Cat 及び MaK ブランドの船用ディーゼルエンジン、DF エンジン、ガスエンジン及び推進システムの販売とサービスを行っている。

6-c-3. FuelSave : 「FS MARINE+」 付加的ソリューション

2020 年に発効するグローバルな SOx 排出基準を満たすため、ドイツ FuelSave は、排ガスクラバーとともに重油 (HFO)、MDO (船用ディーゼル油)、MGO (船用ガスオイル) の使

用を可能にする付加的ソリューションを提供している。

同社の「FS MARINE+」という付加的技術は、HFO、MDO 又は MGO を使用する 2 ストローク及び 4 ストロークのほぼ全ての機種に利用可能である。同技術は、船内水素合成ガス製造装置を用いて水／メタノールガスと液体ソリューションをエンジン内燃室に噴射する。ドイツの起重機船上での 30 か月に及ぶパイロット試験では、4 ストロークエンジンの燃料消費量が大幅に削減された。同社は、削減率は 10%以上であったとしている。

FuelSave は、スクラバーと FS MARINE+技術が同時に使用された場合、スクラバーの稼働率が減少するため燃料効率が向上し、結果的に燃料消費量が減少すると述べている。船主にとっては、スクラバーの償却率が減少し、投資の回収が容易となる。FS MARINE+は、LNG や低硫黄燃料への多額の投資を必要とせずに排出削減を実現する有効なソリューションであり、また、排ガスの状態を改善するため、スクラバーの小型化が可能となる。

さらに、ハンブルクのエンジンサービス企業 Carl Baguhn による検査では、FS MARINE+技術の利用により、エンジンのシリンダー内の煤煙が減少し、クリーンな燃焼過程によりエンジン疲労が軽減されることが示された。FS MARINE+技術は、DNV GL の承認を取得しており、あらゆる船舶へのレトロフィットが可能である。

6-c-4. H2-INDUSTRIES : 船用水素動力

2018 年、ミュンヘンに本社を置くエネルギー貯蔵専門企業 H2-Industries は、ドイツ造船所 Nobiskrug と共同で、初の水素燃料完全電気モーターヨットの研究開発プロジェクトを開始した。発電装置は、H2-Industries の液体有機水素キャリア (Liquid Organic Hydrogen Carrier : LOHC) 電力貯蔵技術をベースとしている。LOHC は、もう一つのドイツ企業 Hydrogenious Technologies が開発した技術である。

開発されるヨットは、航続距離が 1,000 海里以上、航海速度は 10 ノットである。電気エンジンのため非常に騒音レベルが低く、CO₂ と NO_x を排出しない。

LOHC は、化学反応により水素を結合させた油状の液体で、凍結又は加圧をせずに水素を貯蔵することが出来る。LOHC で結合された水素は、輸送が容易で必要な場合にリリースすることが出来る。大量のエネルギーを安全かつ低コストで貯蔵する技術である。

Nobiskrug との共同プロジェクトで開発されるヨットは、LOHC システムを支援するためにソーラーパネルを装備する計画である。

また、H2-Industries は、Lloyd's Register と共同で、LOHC 技術で駆動される完全電気船の開発プロジェクトを開始した。同プロジェクトでは、LOHC の補給、船内貯蔵、発電過程を含む船用 LOHC 技術の船級協会による基本認証取得を目指す。

6-c-5. MAN ENERGY SOLUTIONS : 旧 MAN DIESEL & TURBO

2018 年 6 月、MAN Diesel & Turbo は「MAN Energy Solutions」への社名変更を発表した。これは、MAN の「持続性」へのコミットメントと、持続性のある技術及びソリューションに関する事業と製品の拡大を強調する戦略である。

同社は、これまでも持続性戦略を推進してきたが、IMO の温室効果ガス削減目標設定への動き等の規制環境の変化により、その重要性和緊急性は高まっている。

この結果、MAN Energy Solutions は、2030 年までに持続性のある技術やソリューション

からの売上を全売上の半分以上とするという戦略目標を設定した。この戦略は、ハイブリッド動力、エネルギー貯蔵、デジタルサービス技術等の製品群の拡大によって支援される。また、MAN Energy Solutions の親会社である MAN SE の戦略目標を反映したのものである。MAN SE は、Volkswagen がその株式の 75%を所有している。

船用アプリケーションでは、MAN Energy Solutions は、(MAN Diesel & Turbo として) 船用燃料としての低排出ガスの利用を軸とする「船用エネルギーの転換」を提唱してきた。現在は、再生可能エネルギーを利用して製造されたガス又はメタノール等の合成燃料の利用を促進する燃料戦略を進めている。

プラットフォームに大きな変更なしで多様な燃料を利用することが可能で、必要とされる効率とパフォーマンスを発揮する ME-GI 型 2 ストロークエンジンシリーズは、この戦略の重要な要素となっている。

詳細は発表されていないが、MAN は、ME-GI エンジンの製品コストと信頼性に焦点を当てた「Mark 2」プロジェクトを開始した。プロジェクトでは、燃料ガス供給システム、燃料貯蔵システム、気化装置等の補助システムの更なる開発を行う。LNG 燃料を加圧、気化させる新型ポンプ気化装置 (PVU) が、ME-GI シリーズエンジン向けに既に開発されている。

更なる企業再編と選択的拡大戦略の一環として、デジタルサービス分野及び電気エンジニアリング分野の専門企業の更なる企業買収又は提携が検討されている。

MAN Energy Solutions は、年間売上の 7%を研究開発に投資する戦略を継続している。新たな投資としては、同社コペンハーゲン研究センターにおける多元燃料技術用の試験エンジン 2 号機の設置、韓国における新型 2 ストローク試験エンジンとガス施設設立に関する現代重工業エンジン機関部門 (HHI-EMD) との共同プロジェクト等がある。

6-c-6. NORIS : 部品データ記録装置

ニュルンベルクを本拠とする Noris は、可動部品からの計測データを記録、保管、転送に関する特許技術である誘導ワイヤレス伝送システムを開発した。同システムは、従来のセンサーでは計測が非常に困難であったエンジン内部の部品のデータログを可能にする。

Noris が考案した可動エンジン部品のワイヤレス・データロギングを行う「スマート」なシステムは、レーダーベースのシステムと比較して部品数が少なく、省スペース設計となっている。

フライホイール又はピストンロッド等の可動部品の上に設置されたコイルは、計測データのトランスミッターとして用いられる。このフライホイール又はピストンロッドの動きを通じ、トランスミッターは、電磁波誘導によりエネルギーを供給され、継続的にセンサー素子を通過する。

このエネルギーは、ピストンロッド・ベアリング上の計測素子からの計測データを検知し、そのデータをトランスポンダーに保存することに用いられる。トランスミッターがセンサー素子を通過する度に、トランスポンダーから計測データが回収され、センサー素子に 13.56 MHz の周波数で伝送される。

6-c-7. REINTJES : Down Angle ギアボックスの改良

製品発表から 2 年間を経て、ドイツ Reintjes は Down Angle ギアボックスの改良を行った。変速機の「Down Angle」設計により、プロペラ軸は下方に傾斜し、ディーゼルエンジンは水

平方向に設置することが出来る。Reintjes は顧客と密接に協力し、「Down Angle」設計の改良と機能の追加を行った。

製品名から見た新機種「ZWVSA 440 U HS06」の特徴は以下のとおりである。

- ・ Z: Zweigang (2速ギア)
- ・ W: Wende-Leichtgetriebe (軽量逆転減速機)
- ・ V: Achsversetzt (入力軸と出力軸間のオフセット)
- ・ S: fuer schnelle Schiffe (高速船対応)
- ・ A: in Down-Angle-Ausfuerung (Down Angle 設計)
- ・ 440: Achsabstand (中央幅 mm)
- ・ U: Antrieb und Abtrieb auf derselben Seite (同じ側にある入力軸と出力軸)
- ・ HS: Hybrid System (ハイブリッドシステム)
- ・ 06: 60 kW E-Motor (60 kW の電動機)

さらに、改良型ギアボックスには、2秒以下の高速ギアシフトを可能にする特許技術「Fast Clutch 200」が適用できる。

6-c-8. ROLLS-ROYCE POWER SYSTEMS : ビジネス戦略

英国 Rolls-Royce の子会社であるドイツ Rolls-Royce Power Systems は、MTU 及び Bergen エンジンブランドを持ち、2017年のRolls-Royce 全社の売上の約20%を担っている。同社のビジネスは、Rolls-Royce Marine から独立しており、Rolls-Royce Marine のノルウェー Kongberg グループへの事業売却計画には含まれていない。

Rolls-Royce Power Systems の2017年の業績は、売上、利益、新規受注とも回復し、2018年上半期にも売上と収益性の改善が継続している。

同社の業績回復には、合理化と選択的投資の影響が大きい。詳細な分析の結果、機種数は25%削減され、原材料コスト、品質管理、設備の利用方法等の見直しが行われた。また、フリードリヒスハーフェン（ドイツ）、ベルゲン（ノルウェー）の向上への投資やアジアにおける新たな提携等により、ここ数年の間に製造規模と能力が拡大した。

船用エンジン及びシステムからの収入は、同社の売上全体の約3分の1を占めている。エネルギー部門の売上も約3分の1で、残りは防衛、石油・ガス、産業、建設、農業、その他の部門からの収入である。

ビジネス部門の一つであるドイツの燃料噴射メーカーL'Orange は、2018年に米国 Woodward に売却された。この売却合意には、今後15年間に亘る Woodward L'Orange による Rolls-Royce Power Systems への噴射システムの供給に関する長期契約が付随している。

Rolls-Royce Power Systems は、エンジンメーカーから先進ツールに支援された統合駆動・推進システムプロバイダーへの転換を目指す「Power Systems 2030」と題された戦略を打ち出している。同社 CEO の Andreas Schell は、将来的には、環境に優しい動力システムだけではなく、総合的で完全にネットワーク化された統合ソリューションを顧客に提供すること目標にしていると述べている。

同社は、「Green&High-Tech」と呼ばれるプログラムで、有害な排出とエネルギー及び原材料の削減を目指すための技術とソリューションの開発への投資を行ってきた。同プログラムの対象となる主な要素は以下のとおりである。

- 排ガス後処理システム
- 代替燃料

- デジタル化（デジタル製品とサービス開発を専門に行う部門の設立等）
- 駆動・推進システムの電化
- ハイブリッド推進システム（本報告書の 6-c-10 参照）
- フルシステム能力

最初のデジタル製品である「MTU-Go! Act」及び「MTU-Go! Manage」は、船舶、発電その他のアプリケーション向けに発売された。顧客のシステムをデータロガーに接続することにより、MTU 技術者とクライアントはエンジンパフォーマンスを遠隔監視し、メンテナンスのスケジュール、スペア部品の確保、運転データの分析、必要作業の決定等を行うことが出来る。

6-c-9. ROLLS-ROYCE POWER SYSTEMS : エンジン／ターボの開発

2018 年に製造が本格化した新型 16 シリンダー型 MTU ガスエンジン「Series 4000 M05-N」は、出力 1,500～2,000 kW をカバーする。続いて、出力 750～1,000kW の 8 シリンダー機種の発売も予定されている。同シリーズのエンジンは、主にフェリー、タグ、押船、調査船その他の特殊目的船を対象としている。

4000 シリーズの新バージョンは、最も厳しい環境基準を満たす「SCR 搭載型グリーンディーゼル」として開発された。4000 シリーズの M05 型には以下の 2 ソリューションがある。

ソリューション 1 :

IMO NOx 3 次規制基準適合。4000 シリーズ M03 プラス SCR（選択還元触媒）。出力 2,160～3,900 kW、12V、16V、20V 配列、巡視船、モーターヨット向け。2018 年第 1 四半期に納入開始。

ソリューション 2 :

IMO NOx 3 次規制及び米国 EPA Tier 4 基準適合。4000 シリーズプラス SCR。出力 1,119～3,220kW、12V、16V、20V 配列、作業船、タグ、特殊目的船向け。2020 年第 1 四半期に納入開始予定。

さらに、2021 年以降には、電気支援ターボ過給システムを搭載した MTU ディーゼルエンジン及びガスエンジンを提供する計画である。この新技術は、ドイツの技術コンサルタント・エンジニアリングサービス企業 G+L innotec との技術提携により実現した。Rolls-Royce は、船用推進システム、非常用発電装置、出力 450kW 以上のその他のエンジン分野における G+L innotec の概念を使用する権利を取得した。

新技術は、ディーゼル、ガス両方のエンジンに対応している。電気支援過給システムは、電気駆動と MTU が製造する従来型のターボ過給機を統合したものである。同システムにより、ターボ過給機は電気で加速され、迅速にチャージ圧力が上昇する。これにより、船用エンジンの加速性能が向上し、また、発電機駆動の負荷応答性能も向上する。さらに、同システムにより、エンジンの燃料消費量と排出が低減されるとしている。

ターボ過給機の電気支援機能には、コンプレッサーホイールの上流に永久磁石が搭載され、電気巻線はコンプレッサーのケーシングに統合されている。この設計により、コンプレッサーへの吸気が阻害されずに、電気部品は空気冷却される。

6-c-10. ROLLS-ROYCE POWER SYSTEMS : ハイブリッド推進システム

Rolls-Royce Power Systems は、2020 年に完全統合型 MTU ハイブリッド船用推進システムの発売を開始する計画である。新ハイブリッド推進システムの開発は、同社の「Green&High-tech」プログラムの一環である。新システムのパワートレインの出力範囲は 1,000～4,000kW である。

モジュラーシステム型のディーゼルエンジン、電動機、バッテリーの組合せは、運転効率、環境性、推進システムの柔軟性等の面で利点がある。

パワートレイン出力 150kW の電動機 1 基又は 2 基を持つハイブリッドシステムが統合された MTU 2000 シリーズの高速エンジンは、2020 年に発売開始が予定されている。更に出力の大きい MTU 4000 シリーズ高速エンジンをベースとしたハイブリッド機種は、2021 年に発売される予定である。この大型機種は、パワートレイン出力 150kW の電動機最大 4 基を持ち、パワートレイン出力 1,000~4,000 kW をカバーする。

6-c-11. SKF MARINE : ダイナミック・スタビライザーカバー

ハンブルクを本拠とする SKF Group (スウェーデン) の子会社 SKF Marine は、スタビライザーフィンの船体開口部用の膨張式カバー「ダイナミック・スタビライザーカバー (DSC)」を開発した。DSC は、フィンが伸ばされた時及び格納された時に、船体の各開口部を埋めて船体表面を平滑化し、局部的ドラグを軽減する設計となっている。SKF Marine は、クルーズ船の場合、局部的ドラグの軽減により、1 日当たり最大 2%の燃料消費量が削減できるとしている。

DSC は、ネオプレンゴム付きの高強度ケブラーメッシュ製で、船舶の既存空気圧システムの圧縮気により膨張する。各 DSC は、複数の特殊形状のエアクッションから構成され、フィンボックスの上部と下部に小型鋼製レールで取り付けられる。スタビライザーフィンが張り出される場合及び格納される場合には、船体外の水圧によりクッションから空気が抜かれ、フィンの可動スペースが出来る。

DSC の試験は、ハンブルク試験水槽 HSVA で行われ、素材の耐久性と船速 22 ノットにおけるフィンの出し入れ時の DSC の性能が確認された。素材は、水陸両用船や膨張式ダムに利用された多数の実績がある。

DSC システムは、クルーズ船、フェリーその他の船舶へのレトロフィットが可能である。カバーの制御は、既存のスタビライザーフィン制御システムに統合される。

2018 年 9 月、SKF Marine は、フィンスタビライザー使用時の船舶の燃料効率を改善するための新ソフトウェア「EcoMode」を発表した。同ソフトウェアは、フィンスタビライザー操作に最大 3 つのモードを追加し、船舶のエネルギー消費量を海象条件に応じて最適化する。

「EcoMode」の各モードは、船舶の動揺と海面のうねりの異なるレベルに対応する。格納式フィンの場合、3 つのモードは「受動」、「フィン 1 基の運転」、「低運転モード」である。非格納式フィンスタビライザーの場合は、同ソフトウェアはリアルタイムで 2 つのモード「受動」、「低運転モード」の選択を行う。

SKF によると、「EcoMode」ソフトウェアの利用により、燃料消費量は最大 2%削減される。同ソフトウェアは、新造船への搭載に加え、既存の SKF 製又は他社製フィンスタビライザーへのレトロフィットが可能である。

6-d. オランダ

6-d-1. ALFA LAVAL : PureNOx の新機種

Alfa Laval は、IMO NOx 3 次規制基準を満たすための数多くの方法の一つである、エンジンの排ガス再循環 (EGR) 過程の循環水を浄化する PureNOx システムの製品群を拡大した。

PureNOx は、現在 2 種類のシステム、すなわち「PureNOx LS」及び「PureNOx HS」に分かれている。これらのシステムは、小型で、燃料中の硫黄分のレベルに応じて最適化され、エンジン製造・ライセンス企業 MAN Energy Solutions の仕様にアップデートされている。

「PureNOx LS」は、EGR が搭載された低硫黄燃料を使用するエンジン向けのシステムである。同システムは、EGR から排出される水を船外に排出する前に、IMO 海洋環境保護委員会 (MEPC) の EGR ガイドラインに従って浄化する。MAN Energy Solutions は、その経験から低硫黄燃料使用時には EGR 排水の浄化は必要ではないとしている。そのため、PureNOx LS は、遠心分離機が油分モニター及び 3 ウェイバルブと組み合わせられたビルジ水システムと同様の設定で使用することが出来る。

「PureNOx HS」バージョンは、高硫黄燃料を使用する EGR 搭載エンジンと SOx スクラバーの組合せを対象とし、EGR 排水を浄化する。同システムは、最も汚染された排水を予備的にろ過するフィルターを備えている。排水は、大きな粒子が予備的にろ過により取り除かれた後、SOx スクラバーを通過する。このシステムは提案されている EGR ガイドラインに従ったものである。

6-d-2. ALFA LAVAL : PureSOx の進化

PureSOx のコネクタビリティ

2018 年、Alfa Laval は、PureSOx のコネクタビリティに関するプログラムを開始した。このプログラムは、現行の PureSOx 全機種に搭載されており、旧機種へのレトロフィットも可能なデータ報告・保存装置である「Alfa Laval Remote Emission Monitor (ALREM)」をベースとしている。

コネクタビリティ・プログラムの初回のサービスは、排出規制コンプライアンスへの証明を簡易化する報告サービスである。例としては、わずか 2、3 日間のオペレーションの 100 ページにも及ぶセンサーデータを解読する代わりに、顧客は完成したコンプライアンスの要約を受け取り、規制当局にそのまま提出することが出来る。

ALREM は、将来的な追加サービスへの基礎となる。必要なコンプライアンスデータのログに加え、同システムは、PureSOx 診断及びパフォーマンスデータを収集してクラウドに転送し、そのデータを Alfa Laval のアナリストが処理することが出来る。これにより、コンディションベースのメンテナンスとスクラバー最適化が可能となる。

Pure SOx の柔軟性 :

Alfa Laval は、将来的なハイブリッドシステムに対応可能なオープンループシステムにより、PureSOx のユーザーに長期的な柔軟性を提供している。

この動きは、今後予想される排水規制の厳格化に対応するものである。新規設置されるオープンループ型 PureSOx 全機種をハイブリッドシステムへのアップグレードが容易な設計とすることにより、顧客は、厳格化する規制に迅速に対応する手段を持つことが出来る。

さらに、Alfa Laval は、硫黄分の高い燃料への対応も念頭に置いている。2018年9月には、硫黄分 3.5%の燃料に対応する PureSOx の設計も可能であると発表した。例えば、2020年以降に製油所の生産体制が変更され、市場に高硫黄燃料が出回った場合には、その処理能力が役に立つとしている。

PureSOx が現行よりも硫黄分の高い燃料の処理能力を提供することにより、顧客は、航海中の海域で入手可能な燃料油を調達するという柔軟性を持つことが出来る。このようなコストの低い燃料を利用した場合でも、顧客は排出基準を遵守することが可能となる。

6-d-3. DNV GL : LNG 試験センター

2018年初頭、DNV GL は、オランダ北部のフローニンゲンに、LNG 燃料の更に安全で効率的な利用を促進する試験センターを開設した。同センターは、世界各地で入手可能な LNG の特性、密度、発熱量の大きな差異に関する知識を提供することである。

新施設の第一の優先事項は、LNG の成分を迅速に特定する最新のセンサー技術の試験である。現在の最良技術であるガスクロマトグラフィの場合、LNG の成分構造を示すのには数分掛かるが、センサーはわずか1秒で答えを出すことが出来る。

LNG の安定した構造に関する知識は、エネルギー成分の正確な評価とエンジンの運転制御に重要な要素である。

試験センターでは、LNG 成分の変化のエンジン性能への影響に関する研究も行う。エンジン開発者は、LNG 成分に応じて噴射パターンと圧縮比の最適化を行うことが出来る。同センターでは、最大出力 500kW までの船用その他のエンジンのコンプライアンス試験も可能である。

6-d-5. QuantiServ : ピストンのリコンディショニング

2018年初頭、オランダのサービス企業 QuantiServ は、2ストロークエンジンのリコンディショニング用に、ロボット・レーザークラディング技術を基礎とした新たなコーティング、再生システムを開発した。

このプロセスは、従来のクロミウム-6めっきによるピストンのリコンディショニングの代わりに、「QS 50K コーティング」を用いる。

「QS 50K」は、レーザー制御のクラディング加工によりピストンリングの溝に溶接される新タイプのコーティングである。粉末状の素材はレーザー溶接される。このプロセスは、クロミウム-6をリング溝に吹き付ける際のオペレーターへの環境被害をなくし、従来の方法により再生したピストンと比較してオーバーホール間隔が2倍に延長される。

新技術は、コンテナ船数隻の2ストロークエンジン内の大口径ピストンを用いて実船実験が行われた。

コーティングとクラディング技術は、オランダのクライニンゲンにある QuantiServ のリコンディショニング技術センターで開発された。その後、同技術は、ドバイ、上海、シンガポール、カナダ、ジェノアの WuantiServ サービス拠点で利用が可能となった。

QuantiServ は、Wärtsilä のサービス部門子会社として 2016年に設立され、顧客に多くのブランドの機器の支援とメンテナンスを提供している。

6-d-4. ROYAL ROOS : 3D プリンティング

ロッテルダムを本拠とするエンジニアリング企業 Royal Roos は、製造企業 CEAD と、船用工業向けの部品製造が可能な産業用 3D プリンターの開発と製造に関する提携に合意した。

Royal Roos は、3D プリンティングビジネスを専門に行う新企業「Royal 3D」を設立した。新企業は、プリンターのプロトタイプ購入、プリンターフレームとテーブルのエンジニアリング、海事セクター向けの 3D プリンティングが可能なアプリケーションの特定等を行い、プリンター開発を支援した。

開発されるプリンターの寸法は 4×2×1.5m で、連続ファイバー付加製造 (continuous fibre additive manufacturing : CFAM) 技術を用いたプリンティング能力は毎時 15kg である。CFAM 技術は、熱可塑性物質の基盤にカーボン又はグラスファイバーを連続付加することにより、強度を高めている。

Royal 3D は、カーボン強化プラスチックを用いた 3D プリンティング船用部品製造のための特殊な素材要求の研究と試験を行う計画である。また、クライアントの要望に応じて繊維強化プラスチック製の部品を製造する。

6-d-6. VETH Propulsion : 米国企業による買収

2018 年 7 月、オランダの船用駆動装置・スラスターメーカー Veth Propulsion Holding は、米国の動力伝達システム設計製造企業 Twin Disc に買収された。

Twin Disc は、VETH の買収により船用市場におけるビジネスを拡大し、製品群と市場の多様化を狙う。両社は 2 年前から事業提携を行ってきた。

6-e. ノルウェー

6-e-1. ABB Marine : 新 DP システム

2018年9月、ハンブルクで開催された SMM 海事展において、ABB は、新自動船位保持システム (dynamic positioning system : DPS) 「ABB Ability Marine Pilot Control DPS」を発表した。新 DPS は、タッチスクリーンによるユーザーインターフェイスを採用し、操作をシンプル化している。同装置は、既存の船内機器とシームレスに統合し、オペレーション中の船舶の制御を行うための最適な方法を算出するアルゴリズムを採用している。

「ABB Ability Marine Pilot Control」システムは、将来的な自律航行への布石となるものである。同システムは、ノルウェーの ABB Marine & Ports 部門が管理・販売を行う。

6-e-2. CORVUS ENERGY : 船用バッテリー工場

カナダーノルウェー系のエネルギー貯蔵技術企業 Corvus Energy は、ノルウェーに船用バッテリーの製造、試験を行う工場を設立した。

現在、ベルゲンに建設中の年間 400MWh のバッテリー生産能力を持つ完全に自動化された新工場は、2019年 第3 四半期に稼働する予定である。欧州における船用エネルギー貯蔵システム (ESS) 市場の急速な拡大が追い風となっている。

Corvus Energy の新工場は、同社が属するノルウェー西部の海事クラスター「NCE Maritime CleanTech」の地位を強化するものとなる。

同社は、カナダにおける研究開発・製造能力の増強にも投資を行っている。

6-e-3. HYON 燃料電池技術

2018年、ノルウェーを本拠とする合弁企業 Hyon が開発した燃料電池ベースの発電システムは、DNV GL からの基本型式承認を取得した。

Hyon は、スウェーデン PowerCell とノルウェー企業 2 社、NEL 及び Hexagon Composites が共同所有している。Hexagon Composites が、電気分解装置と水素ガスタンクのメーカーである。

「PowerCell MS-100」燃料電池システムをベースとした Hyon の発電ソリューションは、甲板上又は甲板の下に設置が可能で、出力 100kW のキャビネット内蔵型から数 MW の出力を持つコンテナ型ユニットまで幅広い製品群を提供している。

6-e-4. NORWEGIAN ELECTRIC SYSTEMS : 最大のバッテリー設置

2018年10月、Norwegian Electric Systems (NES) は、容量 6,100kWh のエネルギー貯蔵システムを新造フェリー4 隻向けに受注した。このフェリー船隊は、トルコで建造され、Havila Kystruten がノルウェー沿岸航路で運航する。搭載されるバッテリーパックの容量は、これまでフェリーに搭載された最大のバッテリーの倍以上である。

各フェリーは、ハイブリッドガス電気/バッテリー推進システムを持ち、ガス焼きエンジン 4 基が発電機を駆動する。総出力は 7,760 kW である。この発電ソリューションにより、フェリーは、ゼロ排出のバッテリー電力で離着岸が可能で、また、世界遺産であるフィヨルド内の特定航路又は航路の一部でもゼロ排出航行が可能である。

また、同システムは、水素燃料や燃料電池等の次世代技術にも対応する設計となっている。バッテリーパックに加え、NES は、発電機、配電盤、変圧器、エネルギー管理システム、電動スラスター向け周波数変換器を供給する。

ノルウェーは、2026 年までに世界遺産のフィヨルド内のクルーズ船及びフェリーからの排出を禁止する計画である。技術的に可能な場合には、計画を前倒しする可能性もある。Havila Kystruten のハイブリッドフェリーの第 1 船は、2021 年に就航予定である。ノルウェー議会は、2015 年、ノルウェー水域で運航する全ての新造フェリーの入札は、低排出又はゼロ排出技術を持たなくてはならないという規制を発効させた。

6-e-5. ROLLS-ROYCE Marine : 船用機器の健全性管理システム

2018 年、Rolls-Royce Marine は、船用機器の健全性管理のための新ソリューションを発表した。9 月には、パフォーマンスデータと健全性管理データを統合するこの健全性管理システムを初受注した。

同社の健全性管理システムは、船舶運航者が全ての船内機関、機器の状態とパフォーマンスに関する理解を深めることを支援する設計となっている。ノルウェーRolls-Royce の船舶インテリジェンスチームによって開発された同システムは、先進機械学習技術と組み合わせた船舶のデータを利用する。

その目的は、船主・船社が機器の可用性を拡大し、予期しない不稼働時間を削減し、安全性を向上させることを支援することである。異常を早い段階で検知することにより、同システムは、船員が故障や予定されていない修理を回避するための予防策を講じることを支援する。さらに、パフォーマンスデータと健全性管理データを統合することにより、どのように推進システムの異常が燃料消費量等他の分野に影響するか、又はその逆の状態への理解を船員とオペレーターに提供する。

現在のトレンドとなっている船隊全体へのセンサーと情報技術の導入により、健全性管理システムは、先進機械学習技術を用いて膨大な量のデータを管理することが可能である。

近年、Rolls-Royce は、船舶インテリジェンスの研究開発に多額の投資を行ってきた。関連する製品、ソリューション、サービスは、インテリジェンス資産管理及び遠隔・自律航行という 2 つのパートに分けられる。これに関連して、ノルウェーにはインテリジェント分析センター、フィンランドには自律航行船研究会センターを開設した。また、共同研究開発パートナーシップやビジネスネットワークの構築も進めている。

6-e-6. ROLLS-ROYCE Marine : 新エネルギー貯蔵システム

2018 年 8 月、Rolls-Royce Marine は、新たなリチウムイオンベースのエネルギー貯蔵システム「SAVe Energy」を発表した。同システムの開発には、ノルウェー・リサーチカウンシルの ENERGIX プログラムが資金援助を行った。

この開発プロジェクトでは、ノルウェー船主 Color Line、Norled 及び Norwegian Coastal Administration Shipping Company が、Rolls-Royce に協力している。この協力により、開発されるエネルギー貯蔵システムが、長距離及び短距離フェリー、クルーズ船、多目的貨物船を含む多様な船種に利用可能であることを確認する。

ベルゲンの Rolls-Royce Power Systems の電気部門が納入する「SAVe Energy」は、完全な統合発電システムの一部となる可能性を持っている。Rolls-Royce は、2010 年以来船用バッテ

リーを提供しているが、スケーラブルな「SAVe Energy」システムは、2019年以降同社のバッテリーの製造と競争力を大きく高めると予想されている。

SAVe Energy は、DNV GL の型式承認を取得済みであり、完全な電力供給に加え、「ピークシェービング」や「スピニングリザーブ」等の多様な要求に応じた設計となっている。ハイブリッドソリューションとして、LNG 焚きエンジン又はディーゼルエンジンと組み合わせた場合には、運転効率が向上し、排出が低減する。

6-e-7. ROLLS-ROYCE POWER SYSTEMS : Bergen B36:45 型ガスエンジン

Rolls-Royce Power Systems のベルゲン拠点は、その中速ディーゼル及びガスエンジン製品群に新たなガス焚きエンジン「B36:45」を追加した。新エンジンは、4ストローク中速ディーゼルエンジン「B33:45」シリーズから派生したものである。

B33:45 は、当初直列シリーズとして 2015 年に市場に投入された。2017 年には V 型モデルが投入され、同時にガスエンジンバージョンの開発開始が発表された。

ガスエンジンの運転圧力の違いにより、シリンダー口径は、B33:45 ディーゼルの 330mm から B36:45 では 360mm に大型化した。ガスエンジンバージョンのストロークはディーゼルバージョンと同じ 450mm で、シリンダー出力も同じ 600kW を発揮する (回転数 750rpm 時)。

Rolls-Royce Power Systems のベルゲン拠点は、希薄燃焼オットーサイクル・ガスエンジン技術を用いた中速エンジンの設計と製造に多くの実績がある。同社のガスエンジンの製品群は、出力約 1,500~9,000kW をカバーする。新 B36:45 ガスエンジンの直列型 3 モデルの出力は、それぞれ 3,600kW、4,800kW、5,400kW で、Bergen ブランドの中型エンジン群を強化する。

これまでの Bergen ガスエンジンの最高出力機種は直列型 B35:40 で、シリンダー出力は 438kW であった。新 B36:45 は、シリンダー出力が 600kW へと大きく増加しただけではなく、燃料消費量を増加させることなしに出力増加を実現した。直列 B36:45 エンジン 3 モデルの燃料消費量は、7,450kJ/kWh である。同出力の B35:40L エンジンでは、7,550kJ/kWh であった。

B36:45 は、選択触媒還元 (SCR) 技術を用いずに IMO の NOx 3 次規制基準を満たし、SOx 排出は事実上皆無に近いため、SOx 排出規制海域の航行基準も満たしている。天然ガスのみを燃焼させることにより、煤煙や粒子状物質の排出が殆どなく、また、CO₂ 排出量も低減している。

2018 年内には、B36:45 を船用向けに初受注した。この受注契約は、ノルウェーの沿岸フェリー・クルーズ船社 Hurtigruten の既存ディーゼルエンジン船 6 隻へのレトロフィットである。各船には、B36:45 ガスエンジン 2 基とバッテリーパックが搭載され、ハイブリッドエネルギーシステムを実現する。

Bergen B36:45 船用ガスエンジンの主な仕様 :

シリンダー径	360 mm
ストローク	450 mm
回転数	750 rpm
シリンダー出力、MCR	600 kW
バージョン	6L、8L、9L
出力範囲、MCR	3,600-5,400 kW
平均ピストン速度	11.25 m/s
平均有効圧力	21 bar

燃料消費率	7,450 kJ/kWh
潤滑油消費率	0.5 g/kWh

6-e-8. WÄRTSILÄ : 排ガス浄化試験施設

2018年9月、Wärtsilä は、ノルウェーのモスに位置する同社の試験施設のアップグレードを開始した。モス拠点は、同社の特許技術である排ガス浄化（EGC）技術の研究に重要な役割を担っている。Wärtsilä は、世界の船用 EGC システム市場において 40%のシェアを持つとしている。

モス拠点のアップグレードプロジェクトでは、SCR を搭載した重油（HFO）が使用可能な小型中速ディーゼルエンジン「Wärtsilä 20」を設置し、排ガス削減ソリューションの改良と開発を行う。

新設備により、エンジンと排ガス削減装置の相互作用の改善に関する分析が可能となる。また、EGC システムも、排水とスラッジの処理に関するソリューションの改良を行う。

6-f. スウェーデン

6-f-1. DELLNER BRAKES : エンジンブレーキ

Dellner Brakes は、全サイズの船用プロペラ軸の停止、回転、ロックを行うブレーキの新シリーズ「Buel STL」を発表した。コンパクトな新システムは、Dellner の独自技術とドイツの関連企業 Pintsch Bubenzer が開発した「Buel」電動油圧スラスタと動力パッケージを統合したものである。

このシンプルなシステムは、最大圧力 240bar の「Buel Model G」と最大 1,026kN の制動トルクを持つパワフルなディスクブレーキの組合せである。ユーザーは、最大 1,000kN のロック性能を持つ油圧、電動、又は手動のブレーキロック装置を追加することも可能である。停止・回転・ロッキング (STL) のフルシステムが必要な場合は、電動連続回転装置を付加する。この装置は、ブレーキディスクを動かす電動歯車 1 基をシャフトに取り付け、可変速度で最大トルク 119kN でディスクを連続的に回転させる。

6-f-2. MAN Cryo : 水素燃料システム

スウェーデンのヨーテボリに本社を置く MAN Cryo は、ノルウェーのフェリー船社 Fjord1 及びノルウェーの船舶設計企業 Multi Maritime と共同で船用液体水素燃料ガスシステムを開発した。同システムは最近、DNV GL の基本型式承認 (AIP) を取得した。

同社の特許技術である水素燃料ガスシステムは、短距離運航を行う船舶を対象としている。同システムは、スケーラブルな設計で、異なる船種と大きさの船舶と異なる運航形態の船舶への適用が容易であるが、現時点の主な対象はローカルな沿岸フェリーである。

燃料としての水素は、CO₂を排出せず、クリーンな低炭素エネルギーシステムへの転換に重要な手段となり得る。液状の水素は、燃料電池技術を用いて電気推進用のバッテリーの充電に利用可能である。

液体化した水素は、ガス状態の 800 分の 1 の体積に減少し、供給が容易となる。液体水素の温度はマイナス 253°C で、最も温度の低い低温ガスの一つであるため、システムの材料や部品への負荷は非常に大きい。また、水素は爆発性であるため、MAN Cryo は安全性への考慮を最優先事項としている。

6-f-3. MJP : 新型 X シリーズ・ウォータージェット

2018 年、MJP は次世代ウォータージェット「X シリーズ」を発表した。X シリーズは、軽量、高燃費で出力が増加し、他のウォータージェットと比較して幅広い速力範囲を持つシステムである。

混合流 (mixed-flow) 型 X シリーズは、二相ステンレス鋼製で、軸流型ウォータージェットよりも 10% 軽量であり、最大 20% の省エネを提供する。2018 年に発表された第 1 号モデル「310X」は、定格出力 700kW である。続いて、280X (出力 580kW)、350X (同 900kW) の発売が予定されている。

MJP は、X シリーズの開発に際して、入念な流体力学研究を行った。主な研究成果は、ステアリングフィンの新設計とポンプの取入口の設計の最適化である。これにより、高速運転のパフォーマンスに影響を与えず、低速運転時のパフォーマンスが向上した。さらに、新シリーズは、設置とメンテナンスが容易な設計となっている。

6-f-4. ROLLS-ROYCE MARINE : 「Elegance」ポッド型推進システム

2018年9月、Rolls-Royce Marine は、更に小型でコンパクトなユニットに対する市場要求に応え、全く新しいポッド型推進システム「Elegance」シリーズを発表した。永久磁石 (PM) 技術を採用した同シリーズには、オープンプロペラ型とダクト型の2バージョンがあり、出力1.5~7MWの範囲をカバーする。同シリーズは、バルト海及び北極海域における航行に要求される「1A Super」及び「Polar Code 6」の耐氷基準を満たしている。

Elegance ポッドは、同社の4年間に及ぶ研究開発の成果で、幅広い電気推進システムへの顧客ニーズの高さを反映したものである。開発の初期段階では、現在運航中の既存船に搭載された Rolls-Royce の「Mermaid」ポッド型推進システム 50 基からの運転データを分析評価し、続いて、同社のクリスティーネハムン (スウェーデン) の流体力学研究所において CFD 解析とモデル試験を行った。

Mermaid ポッドと同様に、Elegance シリーズは、PM モーター技術を採用している。これは、2つの主要要素、すなわち①多数のらせん状電気コイルを持つステーター、②永久磁石が搭載されたローターで構成される。ステーターが回転磁界を形成し、ローター上の永久磁石の磁界と反応し、ローターを動かす力を発生させて機械的動力を供給する。

ポッド型推進システムの PM モーターは、全速力範囲で高効率を発揮し、スリムでコンパクトなポッド設計を可能にする。ポッドは、高効率なツインテール型で、キャビテーションによる騒音と振動の発生を抑制する。

Rolls-Royce は、同社のラウマ (フィンランド) 工場で出力 4.6MW の Elegance ポッドの製造を開始した。同社は、パイロットプロジェクトとしての同ポッドの実船搭載に関する計画を船主と協議している。

6-f-5. ROLLS-ROYCE MARINE : A5 シリーズ・ウォータージェット

2018年11月、3年以上に及ぶ研究開発を経て、Rolls-Royce Marine は、新 A シリーズの小型船用軸流ウォータージェットを発表した。コンパクトな設計で大きな推力を持つ A5 シリーズは、既存の FF シリーズの改良型で、FF シリーズを徐々にリプレースしていく製品である。

高品質船用アルミニウム製の新シリーズのウォータージェットは、出力 100~1,230kW の 7 サイズの機種が発売される。対象市場は、作業船、小型旅客船、巡視船、モーターヨットその他全長 25m までの船舶である。A5 シリーズは、速力 25~40 ノットの船舶向けに最高の対コスト性能を発揮する。最初に発売される機種は、「A29-5」ユニットである。

FF シリーズと比較した場合、新 A5 シリーズのボラードプルは 13% 向上し、操縦及びリバース効率は 8% 向上、ポンプ効率は 3% 向上した。また、船内設置面積は 20% 減少した。同社のクリスティーネハムン (スウェーデン) の流体力学研究所において CFD 解析とモデル試験が行われた。新シリーズには、実績のある S4 及び S3/CA シリーズの鋼製ウォータージェットのいくつかの要素が採用されている。

Rolls-Royce は、コッコラ (フィンランド) 沿岸を航行する自社実験船である船員輸送/港湾巡視船で、新型ウォータージェットの海上試験を行った。

6-f-6. VOLVO PENTA : 電化技術

2018年6月、Volvo Penta は、2021年までに全アプリケーション向けのハイブリッド及び完全電力ソリューションを提供すると発表した。

同社は、既に数多くの電気駆動ソリューションを市場化しているが、電化技術への転換の促進を目指した事業再編を実施し、スウェーデン本社には、新たな開発・試験施設を建設した。

新たに開発された電動システムの出力とアプリケーションに関する情報は未発表であるが、同社は、試作機の実証実験とシステムの確認試験を既に実施している。

Volvo Penta は、完全なシステムサプライヤーとして、顧客のニーズに応え、顧客の新技术への移行を支援する。電気システムへの転換の理由は、顧客セグメントによってそれぞれ異なる。転換は長期的なプロセスであり、多くのアプリケーションでは、ディーゼル及びガソリンは駆動動力源として今後長年に亘って利用されていくと述べている。

6-f-7. VOLVO PENTA : NOx 3 次規制基準対応型推進パッケージ

2018 年、Volvo Penta は、IMO NOx 3 次規制排出基準を満たす統合推進システムのパッケージを発表した。この「D13-IPS900」システムは、D13 型高速ディーゼルエンジンの最新モデルと SCR 排ガス後処理装置搭載の IPS 統合推進パッケージを統合したものである。

IPS には、ステアラブルポッドと二重反転プロペラを含み、燃料消費量とガス排出量が 20～30%減少する。最新の D13-IPS900 パッケージは、700hp (531kW) で運転し、900hp (671kW) の船内軸駆動と同様のパフォーマンスを提供する。また、SCR 装置を搭載することにより、NOx 3 次規制基準を満たす。この技術「パッケージ」は、NOx 及び CO₂ 排出量を削減する。

6-g. 英国

6-g-1. CJR PROPULSION : 工場設備投資

2018年の英国船用工業における最大規模の投資の一つは、CJR Propulsion が 400 万ポンド (500 万ドル) を投じたサウサンプトン工場の拡張と新製造設備の設置である。同社は、主に小型船向けの推進機器を提供しており、国際的にビジネスを拡大している。新たな製造設備は、ロボット式鋳造、複合 5 軸型コンピューター数値制御 (CNC) マシニングセル、「ピック&ブレース」配送・保管技術、各製造工程を統合するオートメーションソフトウェア等である。

今回の大規模投資の目的は、精度、製品性能、効率、寿命、船内居住性等の分野における更なる改善である。先進技術を駆使し、受注契約から納入までの時間は、最終コストを上昇させることなく大幅に短縮された。

6-g-2. COX POWERTRAIN : ディーゼル船外機

集中的な開発プログラムを経て、Cox Powertrain は「CXO300」ディーゼル船外機の最終コンセプトを発表した。製造は 2019 年前半に開始される予定である。CXO300 は、4 ストローク V8 設計をベースとした世界初の出力 300hp (224kW) の船外ディーゼルエンジンである。

同社は、CXO300 はガソリン船外機と比較して多くの利点があるとしている。例えば、出力範囲は 25% 大きく、耐久性が高く、製品寿命は 3 倍である。さらに、軽量で、同等のガソリン船外機よりも高いピークトルクを発揮する。

CXO300 は、Cox Powertrain が英国のエンジニアリングコンサルタント企業 Ricardo の設計支援を得て開発した。海上試験は 2018 年 10 月に開始され、翌月には市場リリースされた。

6-g-3. CUMMINS MARINE : NOx 3 次規制基準対応型 QSK60 エンジン

Cummins の英国デベントリー拠点で製造されている船用高速ディーゼルエンジン「QSK60」は、選択触媒還元 (SCR) 技術を利用して IMO NOx 3 次規制基準を満たす同社初のエンジンである。エンジンと SCR には 8 種のコンフィギュレーションがあり、顧客の要望と設置条件に幅広く対応している。

Cummins は、産業用及び産業車両用エンジンに SCR 技術を搭載してきた 10 年以上の実績があり、船用エンジンへの SCR 搭載に関しても十分な技術力を持つ。同社は、QSK60 に続き、他のエンジン機種にも SCR 技術を導入する計画である。

開発された SCR システムは、必要な場合には、特別なツールを使わずに触媒が容易に交換できるサービス可能な設計となっている。触媒の寿命は、エンジンのオーバーホール間隔と一致する。バナジウムベースの触媒は、硫黄分 5000ppm までの燃料への耐性があるため、顧客は、従来と同品質の燃料を引き続き使用することが出来る。

6-g-4. DATUM ELECTRONICS : 軸出力メーター

英国企業 Datum Electronics は、エンジンからシャフトに伝達するねじれ力を監視する同社「DieselHawk」システムの改良バージョンの開発を行っている。同システムは、各シリンダー着火時のねじれ力を記録し、アップデートされたエンジン出力プロファイルを理想のプロファイルと比較する。DieselHawk システムは、各シリンダーの動きと各プロペラサイクルを高い解像度とサンプルレートで記録し、軸出力データに重畳する。

6-g-5. QINETIQ : Haslar 試験水槽のアップデート

英国ハンプシャー州ゴスポートにあるハスラー・マリンテクノロジーパーク内の QinetiQ が運営するオーシャンベイスン試験水槽の改造とアップデートにより、英国の流体力学研究と試験能力は強化された。アップデート作業完了後、2018年10月に施設の再稼働セレモニーが行われた。この Haslar 試験水槽は、世界最大の試験水槽の一つで、水容量は 40,000 トンである。同試験水槽は、静穏状態での操縦モデル試験及び波浪状態での復原性モデル実験のために、民間顧客及び防衛顧客に利用されている。

6-g-6. RIVERTRACE Engineering : 洗浄水モニター

Rivertrace Engineering が 2018 年に発表した「Smart ESM」モニターは、湿式スクラバーシステムの洗浄水の排水を監視する。同モニターは、湿式排ガス浄化システムの取水口及び排水口の両方を監視すること出来、PAH（多環芳香族炭化水素）、濁度、温度、pH を測定し、記録する。同システムは、あらゆるメーカーのオープンループ、クローズドループ、ハイブリッドのスクラバーに利用可能である。同モニターは、高さ 10 インチ（254mm）のタッチスクリーンディスプレイを持ち、船舶の主制御システムその他にデータを伝送することが出来る。

6-g-7. RIVERTRACE Engineering : 油中水分検出センサー

水質モニタリング専門企業 Rivertrace Engineering は、油に溶解した水分を継続的に監視する水分センサー「Smart WiO」(Smart Water-in-Oil) を開発した。同製品を用いて、船舶オペレーターは、エンジンと機械の腐食のリスクを低減させることが出来る。

油に溶解した水分には、機械を腐食させる大きなリスクがある。油が飽和点を越えた場合、吸収されなかった水分は、油から分離し、エンジン内部の腐食の原因となる。飽和点は、油の古さ、清潔さ、温度、油がミネラルであるか合成であるか、添加物の種類等の要因によって異なる。

「Smart WiO」センサーは、水分を検出する試験キットよりも効果的で精度の高い方法である。新センサーは、油中の水分の容量を測定し、油の温度を考慮した水分量の湿度%を継続的に監視する。さらに、同センサーは、種類と古さに関係なく油の飽和度を測定する。予め設定したアラームが、水分が油中に発見される前に、水分レベルの早期警告を行う。

6-g-8. ROLLS-ROYCE MARINE : SAR スタビライザーシステム

Rolls-Royce Marine は、同社設計製造の格納型スタビライザーの製品群を拡大し、「Stabilisation-at-Rest (SAR)」概念を利用した耐氷仕様の船舶にも利用が可能な機種を発表した。これまで耐氷船は、スタビライザーフィンが氷海航行中に破損するおそれがあるため、SAR 技術の恩恵を受けることが出来なかった。新製品は、同社のスコットランド・ダンファームリン工場が開発された。

新型スタビライザーフィンは、カスタム設計のフィンボックスに完全に格納される。船体からの突起部がないため、安全な氷海航行が可能となる。

SAR システムは、Rolls-Royce の「Aquarius」及び「Neptune」という実績のある格納式スラスタ製品群をベースとしている。同システムは、動的フィン制御技術と先進流体力学設計を採用し、航行中の安定化性能を維持しながら、停泊時の横揺れを軽減する設計となっている。

スタビライザーフィンの構造は、一体型設計となっている。フィンは、ゼロスピード性能を向上させる形状で、フィンの中央線後方のコード（フィンの両端を結ぶ線）が長いため、フィン面積が大きい。

特殊シールにより油漏れのリスクを最小限に抑え、幅広い環境対応型潤滑油（EAL）が利用可能である。よって、耐氷型 SAR システムは、米国の船舶入港規制である Vessel General Permit (VGP) 要求を満たしている。

6-h. スイス

6-h-1. ABB : 燃料電池ベンチャー

2018年6月、ABBとバンクーバーに本社を置くBallard Power Systemsは、船用市場向けのメガワット(MW)級のPEM(プロトン交換膜)水素燃料電池システムの共同開発に関する基本合意を締結した。初期の開発は、クルーズ船市場に焦点を当て、発電能力3MWのシステムを開発する。このシステムは、化石燃料を使用する従来の船用エンジンと同等のサイズのモジュール1基に内蔵可能な大きさである。

6-h-2. Winterthur Gas & Diesel (WinGD) : 2ストロークエンジンのアップグレード

Winterthur Gas & Diesel (WinGD)は、同社の2ストロークエンジン製品群のアップグレードを進めている。アップグレードされたエンジンは、Bバージョンと呼ばれ、従来と同様のジオメトリーと寸法で、出力と出力密度が増加している。同時に、従来機種と同等の出力で燃費を向上させるディレーティングオプションも提供する。X82-B、小口径 X35-B 及び X40-B に続いてアップグレードされた最新の機種は、X62-B、X72-B、X92-B である。

6-h-3. Winterthur Gas & Diesel (WinGD) : 二元燃料試験エンジン

2018年3月、Winterthur Gas & Diesel (WinGD)は、天然ガスと揮発性有機化合物(NG/VOC)の混合で駆動される2ストローク二元燃料エンジン「X-DF」の試験を行った。この試験プログラムは、Wärtsilä Gas Systemsの協力を得て、Wärtsiläのイタリア北部トリエステの拠点で、同拠点の口径500mmの試験エンジンを用いて実施された。

試験では、燃料中のVOC比が最大20%までの様々な負荷シナリオにおいて同エンジンの性能を検証した。同エンジンは、純天然ガス(NG)からNG/VOC混合燃料への燃料転換時にも高パフォーマンスを維持し、また、ディーゼルモードへの転換及びディーゼルからNG/VOCモードへの転換時も同様の結果であった。

NG/VOC混合燃料使用時のNO_x排出量は、IMO NO_x3次規制基準よりも大幅に低く、効率に悪影響はなかった。

このプロジェクトでは、高圧システムと比較して、X-DFエンジンの低圧ガス使用は、VOC内の重炭化水素の凝縮を防ぐため、VOCを天然ガス燃料に混合するときの利点が大きいが示された。

シンガポールを本拠とするタンカー船社AETは、既にVOCが使用可能なX-DF二元燃料エンジンを、同社が韓国サムスン重工業で建造する125,000DWT型シャトルタンカー2隻向けに発注した。

EUが支援する共同研究開発プロジェクトである「Hercules-2」プロジェクト(本報告書6-1-b参照)では、WinGDとプロジェクトパートナー企業・組織は、2ストロークDFエンジン向けの代替燃料としてのエタノールの可能性を検証している。

また、もう一つのEUプロジェクト「FALCON」(本報告書6-1-a参照)では、WinGDとプロジェクトパートナー企業・組織は、2ストロークエンジンの重油燃料(HFO)の代替となる低硫黄分燃料として、バイオ燃料製造時に発生するリグニン廃棄物の使用に関する可能性を検証している。

6-h-4. Winterthur Gas & Diesel (WinGD) : エンジニアリングセンター

2018年10月、2ストロークエンジン設計・ライセンス企業 Winterthur Gas & Diesel (WinGD) は、中国の中船動力研究院 (China Shipbuilding Power Engineering Institute : CSPI) の協力の下に、上海にエンジニアリングセンターを設立する計画を発表した。WinGD と CSPI は、両社とも中国船舶工業集団 (China State Shipbuilding Corporation : CSSC) の子会社で、過去3年間協力を行ってきた。

CSPI の上海拠点に建設される新エンジニアリングセンターは、WinGD の技術能力を20%増加させる。WinGD のディーゼルエンジン、二元燃料エンジンの製品群を拡大し、エンジン市場における WinGD の地位を強化する。

6-h-5. Winterthur Gas & Diesel (WinGD) : 現代重工業との提携

2018年、Winterthur Gas & Diesel (WinGD) は、韓国現代重工業 (HHI) とデジタル技術の統合に関する協力を行うことを発表した。WinGD のエンジン診断機能は、HHI のスマートシップシステムに統合される。両社の専門技術の統合により、船主はエンジン及び船舶のパフォーマンスに関する理解を深め、結果として運航効率を改善することが可能となる。

欧州のグリーン SHIPPING・ギャランティー（GSG）プログラム

新規ファイナンスパッケージ

2018年2月、欧州投資銀行（EIB）及びオランダの銀行 ING は、欧州造船市場における環境に優しい船舶と技術への投資を支援する3億ユーロ（3億4,110万ドル）規模の融資を行うことに合意した。この有利な条件を持つ融資には、欧州戦略投資基金（FFSI）が信用保証を提供している。

この制度により、欧州企業又は欧州に事業展開する企業は、「グリーンイノベーション」技術を用いた新造船建造又は既存船のアップグレードとレトロフィット等のプロジェクトに対し、特別条件の融資を利用することが出来る。同融資は、海洋船、内陸船両方の船社に適用される。

EIB と ING は、それぞれ1億5,000万ユーロ（1億7,050万ドル）の資金を拠出し、EIB が今後3年間に随時投資を行う。基金の管理と運用は、ING の海事部門が担当する。

投資は、EU の投資基金コネクティング・ヨーロッパファシリティー（CEF）及び欧州戦略投資基金が保証し、グリーン SHIPPING・ギャランティー（GSG）プログラムを通じて行われる。GSG プログラムは、船隊のリニューアルと LNG 燃料、エネルギー効率化、排出削減、バラスト水管理等持続性のある技術の既存船へのレトロフィットを支援するプログラムである。

EIB の融資は、船主による環境性の高い技術導入と船舶の効率化を促進するためのインセンティブとなる。

船舶動力転換プロジェクトへの公的資金投入

環境性の高い燃料への転換、特にディーゼルから LNG 二元燃料への転換を目的として、欧州で実施される既存船の動力機関の転換（「リエンジニング」）プロジェクトには、多大な公的資金が投入されている。最近の一例としては、スペイン船社 Balearia が地中海東部で運航する ROPAX フェリー5隻のレトロフィットプロジェクトがある。

EU は、そのコネクティング・ヨーロッパファシリティー（CEF）基金から、Balearia のレトロフィットプロジェクトに対して1,180万ユーロ（1,340万ドル）を拠出した。Balearia 船隊の改造は、2018年末から2021年に掛けてスペインとジブラルタルの造船所で行われる。この支援金額は、プロジェクト総額の約20%をカバーするとされている。

EU は、EU 規則 1315/2013 に規定されている「海運の脱炭化に寄与する効率、持続性、結束力の向上」を実現するためのプロジェクトを進める船主に対する支援は惜しまないと述べている。

Balearia のフェリー船隊のうち2隻は、現在搭載している MAN の 9L48/60 型中速ディーゼルエンジンを、同社 9L51/60DF 型 DF エンジンに改造する。残りの3隻は、MaK 9M46C 型ディーゼルエンジンを 9M46DF 型 DF エンジンに改造する。

また、CEF 基金からの EU 資金融資は、デンマークのディーゼル燃料フェリー2隻を完全電気バッテリー駆動船に改造するプロジェクトにも利用された。2018年に完了した同プロジェクトは、ForSea（旧 HH Ferries）がヘルシンゲル（デンマーク）とヘルシンボリ（スウェーデン）間のエーレスンド海峡の短距離航路に運航するフェリー2隻に、出力4,160kWh のバッテリーを搭載する。同プロジェクトの総コスト2,630万ユーロ（2,990万ドル）の50%に相当する1,315万ユーロ（1,500万ドル）を EU が拠出している。

この報告書は、ボートレース事業の交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

欧州造船関連技術開発動向 2018

2019年（平成31年）3月発行

発行 一般社団法人 日本中小型造船工業会

〒100-0013 東京都千代田区霞が関3-8-1 虎ノ門三井ビルディング
TEL 03-3502-2063 FAX 03-3503-1479

一般財団法人 日本船舶技術研究協会

〒107-0052 東京都港区赤坂2-10-9 ラウンドクロス赤坂
TEL 03-5575-6426 FAX 03-5114-8941

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。